

Уманський національний університет садівництва

ВІСНИК
Уманського національного
університету садівництва

Випуск 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2022

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор – Карпенко Віктор Петрович, доктор с.-г. наук, професор, проректор з наукової та інноваційної діяльності Уманського національного університету садівництва, Україна

Члени редколегії:

Бальбіж Агнешка – доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, Польща

Василишина Олена Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки плодів та овочів Уманського національного університету садівництва, Україна

Васильєва Валентина – доктор наук, професор, завідувач лабораторії «Регулювання вираження гену» Інституту фізіології рослин та генетики Болгарської академії наук, м. Софія, Болгарія

Господаренко Григорій Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, Україна

Калініченко Антоніна Володимирівна – доктор с.-г. наук, професор кафедри інженерії процесів Університету Опольський, Польща

Канлаянарат Сірічай – доктор наук, професор кафедри післязбиральної переробки сільськогосподарської продукції Технологічного університету Короля Монгкут у районі Тхонбурі, Бангкок, Таїланд

Костецька Катерина Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва, Україна

Любич Віталій Володимирович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва, Україна

Мостов'як Іван Іванович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри захисту і карантину рослин Уманського національного університету садівництва, Україна

Пасічник Лідія Анатоліївна – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Ін-ту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

Патика Володимир Пилипович – доктор біологічних наук, професор, академік НААНУ, завідувач відділу фітопатогенних бактерій Ін-ту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

Поліщук Валентин Васильович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва, Україна

Полторецький Сергій Петрович – доктор сільськогосподарських наук, декан факультету агрономії, професор кафедри рослинництва Уманського національного університету садівництва, Україна

Пьотр Хохура – доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Сонько Сергій Петрович – доктор географічних наук, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва, Україна

Сосна Іренеуш – доктор наук, професор кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Уманського національного університету садівництва
22.12.2022 р., протокол № 3

Науковий журнал «Вісник Уманського національного університету садівництва»
zareestrovano Міністерством юстиції України
(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія KB № 17575-6425 PR 04.03.2011 року)

На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019 р. (додаток 7) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі Природничі науки (101 – Екологія), Виробництво та технології (181 – Харчові технології), Аграрні науки та продовольство (201 – Агрономія, 202 – Захист і карантин рослин, 203 – Садівництво та виноградарство, 206 – Садово-паркове господарство).

Офіційний сайт видання: www.visnyk-unaus.udau.edu.ua

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

ЗМІСТ

АГРОНОМІЯ

З. І. Глупак, А. О. Бутенко

УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗАЛЕЖНО ВІД ГРУПИ СТИГЛОСТІ ТА ГУСТОТИ СТОЯННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ..... 5

Т. І. Гопцій, С. В. Лиманська, О. В. Гудим

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ ЯК НІШЕВОЇ КУЛЬТУРИ У СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....11

О. О. Данилів

ҐРУНТОВІ РЕСУРСИ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇХ ОХОРОНА.....18

Г. Б. Попович, Н. П. Садовська, А. Ф. Гамор, О. М. Вантюх

ВИРОЩУВАННЯ РОЗСАДИ КАПУСТИ БРОКОЛІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ФІТОЛАМП.....23

О. В. Сергієнко, З. П. Ліннік

РІВЕНЬ КОРЕЛЯЦІЙ МІЖ СЕЛЕКЦІЙНИМИ ОЗНАКАМИ У КОЛЕКЦІЙНИХ ГЕНОТИПІВ F_1 КАВУНА..... 32

О. В. Тригуб, В. В. Ляшенко, О. М. Куценко, О. В. Бараболя, І. В. Короткова, К. В. Ляшенко

АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ГОСПОДАРСЬКИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН ГРЕЧКИ В ЗОНІ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....37

В. В. Шевчук

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФОТОСЕНТИТИЧНОГО АПАРАТУ ГОРОХУ ОЗИМОГО.....45

О. А. Шевчук, О. О. Ходаницька, О. О. Ткачук, О. А. Матвійчук,

С. В. Поливаний, І. О. Степаненко

ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН КАПУСТИ КОЛЬРАБІ ЗА ДІЇ РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ..... 52

САДІВНИЦТВО ТА ВИНОГРАДАРСТВО

Б. О. Чецький

ФІТОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ІНТЕНСИВНИХ НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ.....61

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

О. М. Горелов, О. О. Горелов, І. В. Красноштан

ЕНЕРГОІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА ГАРМОНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ У ЛАНДШАФТНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....66

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

С. П. Боковець, Ф. В. Перцевой

ВИВЧЕННЯ МІЦНОСТІ ГЕЛІВ ПРИ ДОДАВАННІ ГЛІЦЕРИНУ.....72

Г. М. Господаренко, С. П. Полторецький, В. В. Любич, В. В. Новіков, В. В. Железна

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ХЛІБА З ДОБАВЛЯННЯМ БОРОШНА ГАРБУЗОВОГО.....78

В. В. Любич, П. І. Пясецький, А. В. Моргун

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БІОЕНЕРГЕТИКИ СОРТІВ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ І ЗБИРАННЯ..... 85

CONTENTS

AGRONOMY

Z. I. Hlupak, A. O. Butenko

THE GRAIN YIELD OF MAIZE HYBRIDS DEPENDING ON THE RIPENESS GROUP AND STAND DENSITY IN THE CONDITIONS OF THE FOREST STEPPE OF UKRAINE.....5

T. I. Hoptsi, S. V. Lymanska, O. V. Hudym

PROSPECTS FOR GROWING AMARANTH AS A NICHE CROP IN THE EASTERN PART OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....11

O. O. Danyliv

SOIL RESOURCES OF IVANO-FRANKIVSK REGION AND THEIR PROTECTION.....18

H. B. Popovich, N. P. Sadovska, A. F. Hamor, O. I. Vantiukh

GROWING OF BROCCOLI CABBAGE SEEDLINGS USING PHYTOLAMPS.....23

O. V. Serhiienko, Z. P. Linnik

LEVEL OF CORRELATIONS BETWEEN BREEDING CHARACTERS IN COLLECTION F₁ GENOTYPES OF WATERMELON.....32

O. V. Tryhub, V. V. Liashenko, O. M. Kutsenko, O. V. Barabolia, I. V. Korotkova, K. V. Liashenko

THE ANALYSIS OF BIOLOGICAL PROPERTIES AND ECONOMIC INDICATORS OF BUCKWHEAT PLANTS IN THE ZONE OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE...37

V. V. Shevchuk

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE FEATURES OF THE FORMATION OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF WINTER PEAS.....45

O. A. Shevchuk, O. O. Khodanitska, O. O. Tkachuk, O. A. Matviichuk, S. V. Polyvanyi, I. O. Stepanenko

PRODUCTIVITY OF KOHLRABI PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF GROWTH REGULATORY PREPARATIONS.....52

HORTICULTURE AND VITICULTURE

B. O. Chetskyi

PHYTOMETRIC PARAMETERS AND NET PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHESIS OF INTENSIVE APPLE PLANTATIONS.....61

LANDSCAPE GARDENING

O. M. Horielov, O. O. Horielov, I. V. Krasnoshtan

ENERGYINFORMATIVE BASIS OF THE SPACE HARMONIZATION IN THE LANDSCAPE BUILDING.....66

FOOD TECHNOLOGY

S. P. Bokovets, F. V. Pertsevoi

STUDY OF THE STRENGTH OF GELES WITH THE ADDITION OF GLYCERIN.....72

H. M. Hospodarenko, S. P. Poltoretskyi, V. V. Liubych, V. V. Novikov, V. V. Zheliezna

TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PUMPKIN FLOUR BREAD.....78

V. V. Liubych, P. I. Piasetskyi, A. V. Morhun

BIOENERGETICS FORMATION OF SUGAR SORGHUM VARIETIES DURING DIFFERENT SOWING AND HARVESTING PERIODS.....85

**З. І. Глупак,**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства
Сумський національний аграрний університет
(м. Суми, Україна)
E-mail: zoia_glupak@ukr.net

**А. О. Бутенко,**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства
Сумський національний аграрний університет
(м. Суми, Україна)
E-mail: andb201727@ukr.net

УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗАЛЕЖНО ВІД ГРУПИ СТИГЛОСТІ ТА ГУСТОТИ СТОЯННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Виробництво зерна кукурудзи – це складний і затратний процес з своєчасним і якісним виконанням всіх технологічних операцій. У виробничих умовах вирощування нових гібридів з високим потенціалом продуктивності є запорукою стабілізації виробництва зерна.

Дослідження показали, що на тривалість міжфазних періодів рослин кукурудзи суттєво впливав гібридний склад і значно менше – густина стояння. Найкоротший період вегетації відмічено у гібриду ДКС 3050 – 111 діб. У гібриду ДКС 3730 та ДКС 4351 з числом ФАО 280-350 вегетаційний період становив 118-119 діб. Найдовший період вегетації був у гібриду ДКС 4608 (ФАО 380) – 122 доби.

Проведені дослідження показали, що передзбиральна вологість зерна залежала від гібриду та густоти стояння рослин. Зокрема встановлено, що вологість зерна зростає із збільшенням числа ФАО. Так, найнижчу вологість за роки проведення дослідження мав гібрид ДКС 3050 з числом ФАО 200 – 20,4-21,2 %. Передзбиральна вологість у гібриду ДКС 3730 (ФАО 280) складала 21,6-22,5%, у гібриду ДКС 4351 (ФАО 350) – 25,1-25,7%. Найбільша передзбиральна вологість відмічена у гібриду ДКС 4608 з числом ФАО 380 – 28,7-29,5%. Слід зазначити, що передзбиральна вологість зерна зростала по мірі загущення посіву і була найнижчою за густоти 60 тис. шт./га і зростала на 0,6-0,9% при загущенні до 90 тис. шт./га. За результатами досліджень встановлено, що урожайність гібридів кукурудзи коливалася від 8,76 до 11,44 т/га. Найбільшу врожайність гібриду ДКС 3050 отримано за густоти 90 тис. шт./га – 9,29 т/га. Гібрид ДКС 3730 найвищу врожайність мав за густоти 80 тис. шт./га – 10,78 т/га. У гібриду ДКС 4351 найбільшу врожайність отримано за густоти 90 тис. шт./га – 11,10 т/га. Слід також зазначити низьку пластичність цього гібриду до зміни густоти стояння, оскільки врожайність за густоти 70-90 тис. шт./га була приблизно однаковою у всі роки проведення дослідження. Максимальну врожайність зерна кукурудзи отримано у гібриду ДКС 4608 за густоти 90 тис. шт./га – 11,38 т/га.

Аналіз проведених досліджень вказує на доцільність вирощування середньостиглих гібридів кукурудзи ДКС 4531 (ФАО 350) з густиною 70 тис. шт./га та ДКС 4608 (ФАО 380) з густиною 80-90 тис. шт./га.

Ключові слова: кукурудза, густина стояння, гібрид, група стиглості, урожайність.

Z. I. Glupak,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agricultural Technologies and Soil Science
Sumy National Agrarian University (Sumy, Ukraine)

A. O. Butenko,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agricultural Technologies and Soil Science
Sumy National Agrarian University (Sumy, Ukraine)

THE GRAIN YIELD OF MAIZE HYBRIDS DEPENDING ON THE RIPENESS GROUP AND STAND DENSITY IN THE CONDITIONS OF THE FOREST STEPPE OF UKRAINE

Corn grain production is a complex and costly process with timely and high-quality execution of all technological operations. In production conditions, the cultivation of new hybrids with high productivity potential is the key to stabilizing grain production. The studies have shown that the duration of the interphase periods of corn plants was significantly influenced by the hybrid composition and much less by the stand density. The shortest vegetation period was noted in the hybrid DKC 3050 – 111 days. In the hybrid DKC 3730 and DKC 4351 with the FAO number 280-350, the growing season was 118-119 days. The longest vegetation period was in the hybrid DKC 4608 (FAO 380) – 122 days.

The conducted studies showed that the pre-harvest moisture content of the grain depended on the hybrid and the density of the plants. In particular, it was established that grain moisture increases with an increase in the number of FAO. Thus,

the lowest humidity during the years of the research was the hybrid DKC 3050 with the FAO number 200 – 20,4-21,2%. The pre-harvest humidity in the hybrid DKC 3730 (FAO 280) was 21,6-22,5%, in the hybrid DKC 4351 (FAO 350) – 25,1-25,7%. The highest pre-harvest humidity was recorded in the hybrid DKC 4608 with FAO number 380 – 28,7-29,5%. It should be noted that the pre-harvest moisture content of the grain increased as the crop thickened and was the lowest one at a density of 60,000 pieces per ha and increased by 0,6-0,9% when thickening up to 90,000 pieces per ha.

According to the research results, it was established that the yield of corn hybrids ranged from 8,76 to 11,44 t/ha. The highest yield of the DKC 3050 hybrid was obtained at a density of 90,000 pieces/ha – 9,29 t/ha. Hybrid DKC 3730 had the highest yield at a density of 80,000 pieces/ha – 10,78 t/ha. In the hybrid DKC 4351, the highest yield was obtained at a density of 90 thousand pieces/ha – 11,10 t/ha. It should also be noted the low plasticity of this hybrid to changes in stand density, since the yield at a density of 70-90 thousand pieces/ha was approximately the same in all years of the study. The maximum yield of corn grain was obtained in the hybrid DKC 4608 at a density of 90 thousand pieces/ha – 11,38 t/ha.

The analysis of the conducted studies indicates the feasibility of growing mid-ripe corn hybrids DKC 4531 (FAO 350) with a density of 70 thousand units/ha and DKC 4608 (FAO 380) with a density of 80-90 thousand units/ha.

Key words: corn, stand density, hybrid, maturity group, productivity.

Постановка проблеми. Кукурудза є однією із економічно вигідних культур, яка має широкий спектр використання. Її зерно використовують для виготовлення продуктів харчування (крупя, борошно, олія, харчові концентрати). Завдяки високому вмісту білку та поживних речовин культура є не замінною для годування худоби та птиці. Перспективним є напрямком використання кукурудзи в якості сировини для біопалива.

Ефективність вирощування гібридів та сортів кукурудзи значною мірою залежить і від їх генотипової реакції на густоту насадження. Варіювання числа рослин на одиниці площі впливає на їх ріст та розвиток, обумовлює особливості надходження і використання сонячної радіації, споживанні вологи та визначає величину майбутнього урожаю зерна [10, 12].

Встановлення оптимальної густоти посіву залежить від багатьох факторів (рівня культури землеробства, вологозабезпеченості, індивідуальних морфобіологічних властивостей гібридів). Зазвичай, виробники та дослідники не мають спільної думки, щодо рекомендованої передзбиральної густоти посіву і рекомендують густоту від 20 до 100 тис. шт./га. При цьому вони всі схиляються до думки, що ранньостиглі гібриди та сорти висівають на більшу густоту, ніж пізньостиглі. Встановлення оптимальної густоти залежить не лише від скоростиглості гібриду чи сорту, а й від його генотипу, погодно-кліматичних умов, ґрунтових умов, освітлення у посівах культурних рослин [7, 16].

Саме тому проведення досліджень з корегування норми висіву для нових гібридів кукурудзи є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Багато дослідників стверджують, що рівень врожайності кукурудзи залежить від скоростиглості сорту чи гібриду [6, 15]. Деякі виробники з таким висновком не погоджуються, стверджуючи, що рівень врожайності є індивідуальною особливістю гібриду та його реакцією на умови вирощування.

Дослідженнями, проведеними в зоні Степу встановлено, що стиглість гібридів та густота стояння впливають на формування сирової маси рослин кукурудзи. На початку вегетації вміст сухої речовини становить до 38 %, досягаючи свого максимуму у фазу молочної стиглості. В подальші фази розвитку вміст сухої речовини знижується до 38 % [11].

За даними результатів дослідження Оничка В. І. і Штукіна М. О. у 2013 році було доведено, що врожайність на рівні 11,0 т/га формували гібриди з числом FAO 200-299, що становило 54 %. Таку ж врожайність мали 46 % гібридів із числом FAO 300-399. Гібриди з числом FAO 400-499 формували врожайність на рівні 11,01-12,5 т/га. Це доводить, що більш пізньостиглі гібриди формують вищу врожайність [14].

За результатами досліджень Носова С. С. встановлено, що у середньому в роки досліджень біометричні показники гібридів кукурудзи мали найвищі значення за мінімальної густоти рослин 40 тис. шт./га для ранньостиглого і середньораннього та 30 тис./га для середньостиглого і середньопізнього біотипів, а найвищу врожайність отримано за густоти стояння рослин 60 тис. шт./га середньостиглого гібриду Красилів 243 МВ і ранньостиглого гібриду Почаївський 190 МВ [8].

Дані сортовипробування показують, що ранньостиглі і середньостиглі гібриди формують врожайність зерна на рівні 8,5-9,4 т/га, середньостиглі – більше 10,0 т/га [3]. Поряд з цим на момент збирання ранньостиглі гібриди мають нижчу вологість зерна в 1,5-2 рази, ніж середньостиглі гібриди [13].

Дослідженнями ряду науковців встановлено, що густота стеблестою суттєво впливає на показники індивідуальної продуктивності рослин. Із збільшенням рослин на одиниці площі зростає і врожайність. Проте така тенденція триває до певної межі, після якої збільшення стеблестою вже не призводить до збільшення врожайності. Дослідженнями встановлено, що найвищу врожайність зерна (8,72 т/га) ранньостиглий гібрид Матеус формував за густоти 80 тис. шт./га. Для середньостиглого гібриду Цісар кращою виявилася густота 70 тис. шт./га. За цієї густоти гібрид формував найвищу врожайність зерна – 8,93 т/га [2].

Дослідженнями, проведеними А.Л. Андрієнко [1] у північному Степу України встановлено, що найкращою густотою для ранньостиглих гібридів, за якою формується найбільша врожайність, є 60 тис. шт./га, для середньостиглих – 50 тис. шт./га, а для середньостиглих – 40 тис. шт./га.

У дослідженнях Влащука А.М. також було доведено диференційований підхід до вибору густоти рослин. Він зазначає, що для ранньостиглих

гібридів кращою є густина 90 тис. шт./га і рекомендує знижувати густоту до 70 тисяч для середньостиглих гібридів [3].

Багато вчених в різних природних зонах досліджували густоту рослин і мали певні результати у формуванні продуктивності рослин кукурудзи та її якісного складу. Але з часом з'являються нові перспективні гібриди, змінюється клімат і виникає необхідність уточнювати для них густоту посіву заради отримання високих та сталих врожаїв та підвищення рентабельності їх виробництва.

Мета статті. Метою досліджень було встановити особливості формування урожайності гібридів кукурудзи різних груп стиглості шляхом оптимізації густоти стояння рослин в умовах Лісостепу України. Завдання досліджень: встановити особливості росту, розвитку та формування врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин.

Методика дослідження. Дослідження проводилися протягом 2020-2022 років на базі навчально-наукового виробничого комплексу Сумського НАУ, який розташований в зоні північно-східного Лісостепу України. Досліди були закладені на чорноземі потужному важко-суглинковому середньо-гумусному, який характеризується такими показниками: вміст гумусу в орному шарі (за І. В. Тюриним) – 4,0 %, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,5), вміст легкогідралізованого азоту (за І. В. Тюриним) 9,0 мг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Ф. Чиріковим) відповідно 14 мг і 6,7 мг на 100 г ґрунту. Описані ґрунти займають значну частину ґрунтового покриву зони північно-східної частини Лісостепу України. Це дає можливість вважати, що польові дослідження проводилися в типових для зони ґрунтових умовах.

Схемою досліду передбачено дослідити дію і взаємодію двох факторів:

Фактор А – гібриди кукурудзи, які різнилися за числом ФАО:

A1 – ДКС 3050- ФАО 200

A2 – ДКС 3730 – ФАО 280

A3 – Д ДКС 4351 – ФАО 350

A4 – ДКС 4608 – ФАО 380

Фактор В – густина посіву (60, 70, 80 та 90 тис. на гектар).

Польові досліди закладалися і проводилися відповідно до методик польових досліджень за Доспеховим Б. А. Дослідження проводилися за схемою двохфакторного досліду. Розміщення ділянок послідовне.

Основні результати дослідження.

Зовнішні фактори впливають на ріст та розвиток рослини. Для більшості гібридів кукурудзи, які вирощуються в Україні, тривалість вегетаційного періоду становить 90-150 діб [5]. Літературні дані [4, 16] та власні фенологічні спостереження вказують, що у технологічному аспекті тривалість та динаміка проходження фаз вегетації залежала від особливостей гібриду кукурудзи та його групи стиглості.

Проведені нами дослідження показали, що тривалість міжфазних та вегетаційного періодів залежала від гібриду кукурудзи (табл. 1). Тривалість періоду від сівби до появи сходів у всіх гібридів різнилась незначно і варіювали в межах 8-10 днів.

Тривалість періоду «сходи-цвітіння качанів» суттєво залежала від гібридного складу і значно менше – від густоти стояння. Найкоротша тривалість періоду сходи-цвітіння качанів (47 діб) була відмічена у гібриду ДКС 3050 на всіх варіантах досліду. Найтривалішим цей період був у гібриду ДКС 4608 з числом ФАО 380 і становив 57 діб.

Найкоротший період вегетації відмічено у гібриду ДКС 3050 – 111 діб. У гібриду ДКС 3730 та ДКС 4351 з числом ФАО 280-350 вегетаційний період становив 118-119 діб. Найдовший період

Таблиця 1

Тривалість основних міжфазних та вегетаційного періодів росту й розвитку гібридів кукурудзи залежно від факторів досліду, діб (середня за 2020-2022 рр.)

Гібрид	Густина, тис. шт./га	Фази росту і розвитку		
		сівба-сходи	сходи-цвітіння качанів	сходи-фізіологічна стиглість
ДКС 3050 – ФАО 200	60	8	47	111
	70	8	47	111
	80	8	47	111
	90	8	47	111
ДКС 3730– ФАО 280	60	8	50	118
	70	8	50	118
	80	8	50	118
	90	8	50	118
ДКС 4351 – ФАО 350	60	9	52	119
	70	9	52	119
	80	9	52	119
	90	9	52	118
ДКС 4608 – ФАО 380	60	10	57	122
	70	10	57	122
	80	10	57	122
	90	10	57	121

вегетації був у гібриду ДКС 4608 (ФАО 380) – 122 доби.

Слід зазначити, що тривалість міжфазних періодів змінювалася залежно від погодно-кліматичних умов років дослідження. Низькі весняні температури 2021 року привели до подовження періоду посів-повні сходи на 3-4 дні. У 2022 році тривалість періоду «сходи-фізіологічна стиглість» була на 2-5 діб меншою, ніж у 2021 році.

Важливим показником, який впливає на рівень рентабельності виробництва є передзбиральна вологість зерна, адже за високої вологості зерна, значно вищої від стандартної, витрати на сушіння будуть значними.

Проведені дослідження показали, що передзбиральна вологість зерна залежала від гібриду та густоти стояння рослин.

Зокрема встановлено, що вологість зерна зростає із збільшенням числа ФАО. Так, найнижчу вологість за роки проведення дослідження мав гібрид ДКС 3050 з числом ФАО 200 – 20,4-21,2 %. Передзбиральна вологість у гібриду ДКС 3730 (ФАО 280) складала 21,6-22,5%, у гібриду ДКС 4351 (ФАО 350) – 25,1-25,7%. Найбільша передзбиральна вологість відмічена у гібриду ДКС 4608 з числом ФАО 380 – 28,7-29,5%. Слід зазначити, що передзбиральна вологість зерна зростала по мірі загущення посіву і була найнижчою за густоти 60 тис. шт./га і зростала на 0,6-0,9% при загущенні до 90 тис. шт./га.

На вологість зерна впливали також погодні умови, які склалися на момент збирання врожаю. Так, дощова осінь 2022 року привела до

зростання вологості на 2,4-4-3,7 % по варіантах дослідів.

Результати обліку врожайності показали, що урожайність гібридів кукурудзи коливалася від 8,76 до 11,44 т/га (табл. 2). Середня врожайність гібриду ДКС 3050 (ФАО 200) становила 9,09 т/га, гібриду ДКС 3730 (ФАО 280) – 10,42 т/га, гібриду ДКС 4351 (ФАО 350) – 10,86 т/га і гібриду ДКС 4608 (ФАО 380) – 11,06 т/га.

Генотип гібриду мав специфічну реакцію на густоту стояння рослин. В середньому за роки досліджень найбільшу врожайність гібриду ДКС 3050 отримано за густоти 90 тис. шт./га – 9,29 т/га.

Гібрид ДКС 3730 найвищу врожайність мав за густоти 80 тис. шт./га – 10,78 т/га. У гібриду ДКС 4351 найбільшу врожайність отримано за густоти 90 тис. шт./га – 11,10 т/га.

Слід також зазначити низьку пластичність цього гібриду до зміни густоти стояння, оскільки врожайність за густоти 70-90 тис. шт./га була приблизно однаковою у всі роки проведення дослідження. Так, за густоти 70 тис.шт/га урожайність гібриду ДКС 4351 становила 11,02 т/га, за густоти 80 тис. шт./га – 11,06 т/га, а загущення до 90 тис. шт./га привело до збільшення врожайності лише на 0,04 т/га, що є не істотною різницею.

Максимальну врожайність зерна кукурудзи отримано у гібриду ДКС 4608 за густоти 90 тис. шт./га – 11,38 т/га.

Слід зазначити, що урожайність гібридів також залежала від погодно-кліматичних умов

Таблиця 2

Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від факторів дослідів

Гібрид	Густота, тис. шт./га	Урожайність, т/га			
		2020 рік	2021 рік	2022 рік	середня
ДКС 3050 – ФАО 200	60	8,85	8,76	9,05	8,88
	70	8,93	8,89	9,23	9,02
	80	9,16	9,12	9,29	9,19
	90	9,28	9,23	9,37	9,29
	середнє	9,06	9,0	9,235	9,09
ДКС 3730– ФАО 280	60	9,87	9,58	10,07	9,84
	70	10,43	10,19	10,65	10,42
	80	10,77	10,6	10,98	10,78
	90	10,61	10,46	10,77	10,61
	середнє	10,42	10,21	10,62	10,42
ДКС 4351 – ФАО 350	60	10,26	10,04	10,43	10,24
	70	11,01	10,99	11,05	11,02
	80	11,05	10,99	11,13	11,06
	90	11,12	10,97	11,21	11,10
	середнє	10,86	10,75	10,96	10,86
ДКС 4608 – ФАО 380	60	10,41	10,32	10,55	10,43
	70	11,12	11,05	11,24	11,14
	80	11,30	11,27	11,36	11,31
	90	11,39	11,31	11,44	11,38
	середнє	11,06	10,99	11,15	11,06
НІР ₀₅ , для факторів:	А	0,12	0,11	0,14	0,13
	В	0,08	0,08	0,09	0,08
	АВ	0,19	0,17	0,22	0,20

років проведення досліджень. Вищу врожайність на всіх ділянках досліду отримано за більш сприятливих умов 2022 року.

Таким чином, найбільшу врожайність зерна кукурудзи отримано у гібриду ДКС 4608 за густоти 90 тис. шт./га – 11,38 т/га.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що урожайність гібридів кукурудзи коливалася від 8,76 до 11,44 т/га. Найбільшу врожайність гібриду ДКС 3050 отримано за густоти 90 тис. шт./га – 9,29 т/га. Гібрид ДКС 3730 найвищу врожайність мав за густоти 80 тис. шт./га – 10,78 т/га. У гібриду ДКС 4351 найбільшу врожайність отримано за густоти 90 тис. шт./га – 11,10 т/га. Слід також зазначити низьку пластичність цього гібриду до зміни густоти стояння, оскільки врожайність за густоти 70-90 тис. шт./га була приблизно однаковою у всі роки проведення дослідження. Максимальну врожайність зерна кукурудзи отримано у гібриду ДКС 4608 за густоти 90 тис. шт./га – 11,38 т/га.

Аналіз проведених досліджень вказує на доцільність вирощування середньостиглих гібридів кукурудзи ДКС 4531 (ФАО 350) з густотою 70 тис. шт/га та ДКС4608 (ФАО 380) з густотою 80-90 тис. шт/га.

Література

1. Андрієнко А. Л. Основні заходи сортової агротехніки гібридів кукурудзи різних груп стиглості в північному Степу України: дисертація кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2004. 186 с.

2. Бомба М., Дудар І., Литвин О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення. Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія «Агрономія». 2013. № 17 (2). С. 64–67.

3. Влащук А. М., Конащук О. П., Желтова А. Г., Колпакова О. С. Формування врожаю нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від елементів технології в умовах Степової зони України на зрошенні / Зрошуване землеробство. 2016. Вип. 65. С. 86–89.

4. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю. Урожайність зерна скоростиглих гібридів кукурудзи різних сортозмін. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 19–23.

5. Кравець С. С. Формування продуктивності кукурудзи залежно від ширини міжрядь і гербіцидів а Північному Степу України: автореферат кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.09. ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН. Дніпропетровськ, 2013. 19 с.

6. Красенков С. В., Дудка М. І., В. І. Чабан та ін. Реакція гібридів кукурудзи на густоту стояння рослин у північній підзоні Степу України. Бюлетень Інституту зернових культур НААН України. 2015. № 8. С. 81–86.

7. Лихочвор В. В. Практичні поради з вирощування зернових та зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: НВФ Українські технології, 2001. 128 с.

8. Носов С.С. Біометричні показники та зернова продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби і густоти стояння рослин в умовах північної підзони Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2014. № 2 (34). С. 86–90.

9. Оничко В. І., Штукін М. О. Оптимальні строки сівби гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2016. Вип. 2. С. 214–218.

10. Панькін В. С., О. О. Павлюк. Густота стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах центрального Лісостепу України. Бюлетень Інституту зернового господарства УААН, Дніпропетровськ, 2005. № 21. С. 33–35.

11. Пащенко Ю. М. Агрокліматичний потенціал зони Степу, добір гібридів і оптимізація їх структури за групами стиглості. Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. 2007. № 30. С. 44–51.

12. Пащенко Ю. М., Андрієнко А. Л. Густота стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах північного Степу України. Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. 2003. № 21–22. С. 20–24.

13. Томашук О. В. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи на зерно за різних технологій обробітку ґрунту. Корми і кормовиробництво. 2019. Вип. 87. С. 144–150.

14. Штукін М. О., Оничко В. І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2013. Вип. 11. С. 212–217.

15. Marchenko T.Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv; Torun: Liha-Pres, 2019. P. 137–153.

16. Schnable P.S., Swanson-Wagner R.A. Heterosis. Handbook of maize: Its biology. N.Y: Springer Science+Business Media, 2009. P. 457–467

References

1. Andriienko A. L. (2004). Osnovni zakhody sortovoi ahrotekhniki hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v pivnichnomu Stepu Ukrainy [The main measures of varietal agrotechnics of corn hybrids of different maturity groups in the Northern Steppe of Ukraine]. dysertatsiia kandydata silskohospodarskykh nauk: 06.01.09. Dnipropetrovsk, 2004, 186 [in Ukrainian].

2. Bomba M., Dudar I., & Lytvyn O. (2013). Produktyvniat hibrydiv kukurudzy zalezho vid ploshchi zhyvlennia [Productivity of corn hybrids depending on the feeding area]. Lviv, Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Ahronomiia». 2013. № 17 (2), 64–67 [in Ukrainian].

3. Vlashchuk A. M., Konashchuk O. P., Zheltova A. H., & Kolpakova O. S. (2013). Formuvannia vrozhaiu novykh hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid elementiv tekhnologii v umovakh Stepvovoi zony Ukrainy na zroshenni [Formation of the yield of new hybrids of corn of different maturity groups depending on the elements of technology in the conditions of the Steppe zone of Ukraine under irrigation]. Kherson, Zroshuvane zemlerobstvo, 2016, 65, 86–89 [in Ukrainian].

4. Dziubetskyi B. V., & Cherchel V. Yu. (2017). Urozhainist zerna skorostyhykh hibrydiv kukurudzy riznykh sortozmin [Grain yield of precocious corn hybrids of different cultivars]. Kyiv, Visnyk aharnoi nauky, 2017, № 8, 19–23 [in Ukrainian].

5. Kravets S. S. (2013). Formuvannia produktyvnosti kukurudzy zalezno vid shyryny mizhriad i herbitydiv a Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Formation of corn productivity depending on row spacing and herbicides in the Northern Steppe of Ukraine]: avtoreferat kandydata silskohospodarskykh nauk: 06.01.09. DU Instytut silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN, Dnipropetrovsk, 2013, 19 [in Ukrainian].

6. Krasnienkov S. V., Dudka M. I., & V. I. Chaban ta in. (2015). Reaktsiia hibrydiv kukurudzy na hustotu stoiannia roslyn u pivnichnii pidzoni Stepu Ukrainy [The reaction of corn hybrids to plant stand density in the northern subzone of the Steppe of Ukraine]. Dnipro, Biuleten Instytutu zernovykh kultur NAAN Ukrainy, 2015, № 8, 81–86 [in Ukrainian].

7. Lykhochvor V. V. (2001). Praktychni porady z vyroshchuvannia zernovykh ta zernobobovykh kultur v umovakh Zakhidnoi Ukrainy [Practical advice on growing grain and leguminous crops in the conditions of Western Ukraine]. Lviv, NVF Ukrainski tekhnologii, 2001, 128 [in Ukrainian].

8. Nosov S.S. (2014). Biometrychni pokaznyky ta zernova produktyvnist hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid strokiv sivby i hustoty stoiannia roslyn v umovakh pivnichnoi pidzony Stepu Ukrainy [Biometric indicators and grain productivity of corn hybrids of different maturity groups depending on sowing dates and plant density in the conditions of the northern subzone of the Steppe of Ukraine]. Dnipro, Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho aharno-ekonomichnoho universytetu, 2014, № 2 (34), 86–90 [in Ukrainian].

9. Onychko V. I., & Shtukin M. O. (2016). Optymalni stroky sivby hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Optimum sowing dates of corn

hybrids of different maturity groups in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. Sumy, Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Serii: Ahronomiia i biolohiia, 2016, № 2, 214–218 [in Ukrainian].

10. Pankin V. S., & Pavliuk O. O. (2005). Hustota stoiannia roslyn hibrydiv kukurudzy v umovakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Plant stand density of corn hybrids in the conditions of the central forest-steppe of Ukraine]. Dnipro, Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN, Dnipropetrovsk, 2005, № 21, 33–35 [in Ukrainian].

11. Pashchenko Yu. M. (2007). Ahroklimatechnyi potentsial zony Stepu, dobir hibrydiv i optymizatsiia yikh struktury za hrupamy styhlosti [Agroclimatic potential of the Steppe zone, selection of hybrids and optimization of their structure by maturity groups]. Dnipro, Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN, 2007, № 30, 44–51 [in Ukrainian].

12. Pashchenko Yu. M., & Andriienko A. L. (2003). Hustota stoiannia roslyn hibrydiv kukurudzy v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Plant stand density of corn hybrids in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. Dnipro, Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN, 2003, № 21–22, 20–24 [in Ukrainian].

13. Tomashuk O. V. (2019). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy na zerno za riznykh tekhnologii obrobitku gruntu [Economic efficiency of growing corn hybrids for grain under different tillage technologies]. Vinnytsia, Kormy i kormovyrobnytstvo, 2019, 87, 144–150 [in Ukrainian].

14. Shtukin M. O., & Onychko V. I. (2013). Osoblyvosti pidboru hibrydiv kukurudzy dlia umov pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of the selection of corn hybrids for the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. Sumy, Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Serii: Ahronomiia i biolohiia, 2013, № 11, 212–217 [in Ukrainian].

16. Marchenko T.Yu. (2019). Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv; Torun: Liha-Pres, 137–153 [in Ukrainian].

17. Schnable P.S., & Swanson-Wagner R.A. (2009). Heterosis. Handbook of maize: Its biology. N.Y.: Springer Science+Business Media, 457–467.

**Т. І. Гопцій,**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувачка кафедри генетики, селекції та насінництва
Державний біотехнологічний університет
(м. Харків, Україна)
E-mail: tetiana.gopciy@gmail.com

**С. В. Лиманська,**

кандидат біологічних наук,
доцент кафедри генетики, селекції та насінництва
Державний біотехнологічний університет
(м. Харків, Україна)
E-mail: svetlanalymanska@gmail.com

**О. В. Гудим,**

кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри генетики, селекції та насінництва
Державний біотехнологічний університет
(м. Харків, Україна)
E-mail: lenagudym1990@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ ЯК НІШЕВОЇ КУЛЬТУРИ У СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті розглянуто перспективи вирощування амаранту як нішевої культури, яка має економічний потенціал, зумовлений високою ціною реалізації та значним, хоча й нестабільним, попитом на агропродовольчому ринку. Крім високого вмісту і збалансованості білка, високої врожайності, підвищеного вмісту вітамінів, мінеральних речовин, широкого спектра застосування продукції в медицині, амарант привертає увагу науковців здатністю стабільно реалізовувати свій потенціал і при цьому адекватно реагувати на зміну умов вирощування, що свідчить про підвищений адаптивний потенціал цієї культури. Метою досліджень, які проводили у 2019–2021 рр. на дослідному полі Державного біотехнологічного університету, було визначення практичної цінності 6 сортів амаранту селекції Харківського національного університету ім. В.В. Докучаєва, виду *Amaranthus hybridus* (Новий, Ультра) і виду *Amaranthus hypochondriacus* (Лера, Студентський, Сем, Харківський 1), перспективності його вирощування як нішевої культури в східній частині Лівобережного Лісостепу України.

Результати оцінки адаптивного потенціалу сортів амаранту за урожайністю насіння показали, що між сортами, які сьогодні вирощуються в Україні, існує відмінність як за генетичним потенціалом, так і його реалізацією. На основі аналізу гомеостатичності сортів (Ном), їх агрономічної стабільності (As), параметрів генетичного потенціалу (Ei) та параметрів стабільності його реалізації (Ri) проведена комплексна оцінка сортів за рівнем урожайності насіння.

Встановлено, що найбільшу практичну цінність при вирощуванні на насіння в східній частині Лівобережного Лісостепу України мають сорти: Лера, Сем і Харківський 1 (сумарний ранг -4). Для сортів Лера і Сем характерний найвищий рівень гомеостатичності (11,90 і 11,80 відповідно) і агрономічної стабільності (As – 91,5 і 91,1).

Ключові слова: амарант, нішеві культури, адаптивність, гомеостатичність, генетичний потенціал.

Т. І. Ноптсїї,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production
State Biotechnological University (Kharkov, Ukraine)
E-mail: tetiana.gopciy@gmail.com

С. В. Лыманська,

PhD of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production
State Biotechnological University (Kharkov, Ukraine)
E-mail: svetlanalymanska@gmail.com

О. В. Гудим,

PhD of Agricultural Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production
State Biotechnological University (Kharkov, Ukraine)
E-mail: lenagudym1990@gmail.com

PROSPECTS FOR GROWING AMARANTH AS A NICHE CROP IN THE EASTERN PART OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article discusses the prospects for growing amaranth as a niche crop with economic potential due to the high selling price and significant, albeit unstable, demand in the agro-food market. In addition to the high content and balance of protein, high yield, high content of vitamins and minerals, a wide range of applications in medicine, amaranth attracts scientists with the ability to realize its potential consistently and, at the same time, adequately respond to changing growing conditions, which indicates an increased adaptive potential. The purpose of the studies conducted in 2019–2021 on the experimental field of State Biotechnological University, determined the practical value of 6 varieties of amaranth breeding V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, the species *Amaranthus hybridus* (New, Ultra) and the species *Amaranthus hypochondriacus* (Lera, Student`s, Sam, Kharkiv-1), as well as the prospects for its cultivation as a niche crop in the eastern part of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine.

The results of assessing the adaptive potential of amaranth varieties in terms of seed yield showed that there is a difference between the varieties that are grown in Ukraine today both in terms of genetic potential and in its implementation. Based on the analysis of homeostatic varieties (Hom), their agronomic stability (As), genetic potential parameters (ϵ_i), and stability parameters of its implementation (Ri), a comprehensive assessment of varieties in terms of seed yield were carried out. It has been established that the species Lera, Sam, and Kharkiv-1 (total rank – 4) have the greatest practical value in growing seeds in the eastern part of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. The species Lera and Sam are characterized by the highest level of homeostasis (11,90 and 11,80, respectively) and agronomic stability (As – 91.5 and 91.1).

Key words: amaranth, niche crops, adaptability, homeostasis, genetic potential.

Постановка проблеми. Нішевими вважають культури, на які є ситуативний або постійний підвищений комерційний чи соціальний попит [1]. До нішевих відносять овес, гречку, жито, льон, гірчицю, ріжій, горох, квасолю, сорго, амарант та ін. Ці культури не стають надто поширеними, мають обмежений попит і є високомаржинальними лише за умови збереження своєї нішевості. Перевага полягає в тому, що в цих нішах поки що відносно невелика конкуренція. Часто такі культури не вимагають значних інвестицій в організацію виробництва, але при цьому забезпечують високий рівень рентабельності [1, 2].

Водночас до числа чинників, що стримують поширення цих культур можна віднести відсутність достатньої інформації про їх значення, ефективні технології вирощування, невизначеність з ринками збуту врожаю [3]. Також більшість нішевих культур, до яких відноситься амарант, який сьогодні виходять на ринок, недостатньо вивчені в плані пристосованості до певних ґрунтово-кліматичних зон вирощування, його асортимент бажає бути кращим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Амарант привертає до себе увагу дослідників і практиків сільського господарства високим вмістом і збалансованістю білка, високою врожайністю, підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин. У зв'язку з очікуваними змінами клімату на Землі використання амаранту стає ще актуальнішим завдяки його унікальній особливості пристосовуватись до різних умов навколишнього середовища [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Авторитетною американською маркетинговою компанією Markets and Markets світовий ринок амарантової олії в середньому за п'ять останніх років оцінюється у \$ 550 млн. л зі щорічними темпами зростання на 12 %. Частка України в світовому ринку амарантової олії – менше ніж 1% [12].

Собівартість амарантової олії в Україні не перевищує \$ 40 за літр. Для порівняння: середня оптова ціна на амарантову олію в Європі та Америці протягом останніх років коливалась в межах \$ 150–200 за літр, в Африці та Азії – до \$ 80–100 [13].

В Україні виробництвом амарантової олії та борошна займаються 15 підприємств, і ще два фермерських господарства виготовляють чай з амаранту. У Дніпрі працює Центр з очищення насіння цієї культури. Останнім часом на українському ринку з'явився такий продукт, як амарантова крупа, а в Миколаєві виробляють ще й пластівці з амаранту.

Амарант добре росте на всіх основних видах ґрунтів [8, 14]. Виробничий досвід агропідприємств з вирощування амаранту на зерно свідчить, що урожайність зерна в регіонах України з різними ґрунтово-кліматичними умовами становить від 10 до 53 центнерів з одного гектару [8].

Білок зерна амаранту має високу харчову цінність і оцінюється залежно від виду в 75–87 балів [7, 11]. Найбільш поширеним вуглеводом у зерні амаранту є крохмаль, його вміст у видів культури з білим зерном становить 69 % [12]. Амарантова олія містить велику кількість лінолевої, олеїнової та пальмітинової кислот і лише сліди ліноленової. Вона містить майже 76 % ненасичених жирних кислот та нагадує олію з насіння бавовнику або з рисових висівків [9]. Вітаміни в зерні амаранту містяться, в основному, в зародку [5]. У зерні, залежно від виду амаранту, є біологічно цінні токофероли (вітамін E), каротиноїди, вітаміни B1 (тіамін), вітамін PP (ніацин) [6]. Мінеральні речовини в зерні амаранту представлені макро – та мікроелементами [15, 16, 17]. Амарант можна використовувати і в харчуванні людини [7, 11, 15, 18, 19].

Використання продукції амаранту в медицині показує широкий спектр її можливостей [4, 5, 6].

Як зазначають Левчук зі співавторами [20]: «Одним із шляхів вирішення проблеми здоров'я та харчування населення є виробництво і широке використання якісних і безпечних рослинних олій з гарантованим вмістом поліненасичених жирних кислот, вітамінів, фітостеринів та інших життєво-необхідних для організму людини біологічноактивних сполук». Усім цим вимогам задовольняє амарантова олія, яка характеризується унікальним хімічним складом. Проте найбільш

активним і цінним компонентом амарантової олії є сквален (близько 8 %) [5, 16]. У наслідок дефіциту сквалену порушується постачання кисню до тканин, що викликає зниження місцевого імунітету носоглоткової порожнини, області статевих органів та загалом шкірного покриву, утворюється целюліт. Внутрішні органи швидше «зношуються», погіршується робота серцево-судинної системи, печінки, нирок [4, 15]. Отже, за умов дефіциту сквалену виникає необхідність пошуку його джерел у харчуванні. Тому, створення та впровадження у виробництво сортів амаранту з високим вмістом сквалену є важливою задачею сьогодення [7, 13].

Враховуючи постійні зміни клімату, одним із завдань сучасної селекції є підвищення адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур, отримання форм, що поєднують в собі високу продуктивність зі стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища. Визначення оптимального типу рослин, здатних стабільно реалізовувати свій потенціал і при цьому адекватно реагувати на зміну умов вирощування, постійно привертає увагу науковців [21].

Як вважають S. A. Eberhart і W. A. Russell, кращими є середньопластичні сорти з високим середнім значенням ознаки та високою стабільністю в різних умовах вирощування [22]. На думку G. Wricke найбільш адаптованими генотипами можна вважати такі генотипи, які мають мінімальну взаємодію з середовищем, або високу стабільну реалізацію властивої генотипу реакції ознаки (відносно стабільні) [23]. За визначенням K. W. Finley та J. N. Wilkinson оптимальним є сорт, що характеризується високою загальною адаптивною здатністю, дає найбільший врожай у сприятливих умовах середовища та забезпечує максимальну стабільність у несприятливих [24]. Найважливішими якостями нових сортів повинна бути висока гомеостатичність, основана на широкій нормі реакції та високому ступені їх пластичності, а також на значному рівні адаптивного потенціалу. У зв'язку з цим при створенні сортів, гібридів, адаптованих до різних екологічних умов, селекційний матеріал повинен оцінюватися не тільки за генетичним потенціалом, але й за параметрами стабільності [25].

Мета дослідження – визначення практичної цінності амаранту в східній частині Лівобережного Лісостепу України, адаптивного потенціалу існуючих сортів і можливостей його підвищення.

Методика дослідження. Дослідження проводили на дослідному полі Державного біотехнологічного університету у 2019–2021 рр. У досліді були використані 6 сортів селекції Харківського національного університету ім. Докучаєва В.В., з них 2 сорти виду *Amaranthus hybridus* (Новий, Ультра) і 4 сорти виду *Amaranthus hypochondriacus* (Лера, Студентський, Сем, Харківський 1).

Визначення гомеостатичності (Ном) та коефіцієнта агрономічної стабільності (As) здійснювали за методикою Хангильдіна В. В., Литвиценка Н. А. [26].

Практичну цінність сортів визначали за параметрами генетичного потенціалу і параметрами стабільності (за сумою рангів). Сорт або гібрид, який має найменший ранг, вважається найбільш пристосованим до тієї чи іншої зони [27].

Догляд за посівами, фенологічні спостереження та обліки проводили за Методикою державного сортовипробування [28]. Площа ділянки 10 м², повторність чотирикратно. Розміщення варіантів у досліді рандомізоване.

Дослідне поле знаходиться в східній частині Лівобережного Лісостепу України. Клімат помірно-континентальний. Середні показники місячної температура січня знаходяться в межах від – 8°C до – 5,5°C. Середня місячна температура липня варіює від +18,5...+20,5°C у першій декаді та +19,5...+22,0°C у третій. Абсолютний максимум становить 33–39°C. Тривалість періоду активної вегетації (перехід температури через 10°C) у межах східної частини лівобережного Лісостепу 150–170 діб. Оподи випадають нерівномірно, а їх загальна кількість за календарний рік становить 450–550 мм. За вегетаційний період найменша кількість опадів згідно багаторічних досліджень випадає у квітні – 32–45 мм та вересні 30–51 мм, найбільша у червні – 55–81 мм та липні 59–77 мм. [29].

Погодні умови в роки досліджень були різноманітними, що дало можливість визначити реакцію амаранта на їх коливання. У 2019 р. склалися сприятливі погодні умови весняного періоду, які характеризувалися достатньою кількістю опадів (43,4 мм), при нормі середнього багаторічного показника 43,7 мм. Середній показник температури (18,4°C) повітря перевищував середню багаторічну температуру на 2,2 °C, що позитивно вплинуло на перші етапи розвитку досліджуваних культур. Влітку випало лише 23,1 % норми опадів, що на 50,5 мм менше середнього багаторічного показника.

Умови весняного періоду у 2020 році характеризувалися більш прохолодною погодою порівняно з середньо багаторічними даними, так середня температура травня становила 13,5°C, при нормі 15,1°C. При цьому в травні випало більше опадів в порівнянні з середньобагаторічними (108,3 мм при нормі 48 мм). Літній період в цілому характеризувався вищими середньодобовими показниками температури. Середньомісячна кількість опадів в червні та серпні була нижче норми, а в липні суттєво перевищувала середньобагаторічний показник.

У 2021 році вегетаційний період характеризувався більш високими середньодобовими температурами порівняно з кліматичною нормою. За кількістю опадів весняний період та початок літа мав близькі до норми значення, а кінець літа був посушливим.

Основні результати дослідження. Результати оцінки адаптивного потенціалу сортів амаранту за врожайністю насіння показали, що між сортами, які сьогодні вирощуються в Україні, існує відмінність як за гомеостатичністю, агрономічною стабільністю так і за генетичним потенціалом та рівнем його реалізації (табл. 1, 2, 3).

Найнижчий рівень врожайності за роки досліджень був у сорту Сем і становив 1,38 т/га, а найвищий у сорту Харківський 1 – 3,44 т/га. Розмах варіювання за врожайністю насіння найбільшим був у сорту Ультра – 1,10 т/га, а найменшим – у сортів Сем і Лера – 0,24 і 0,28 т/га відповідно (табл. 1).

Важливим показником, що характеризує стійкість рослин до несприятливих умов середовища, є гомеостатичність – здатність генотипу зводити до мінімуму наслідки впливу несприятливих умов середовища.

Відомо, що чим менша варіабельність врожайності в мінливих умовах середовища, тим вища його гомеостатичності (Ном). Серед сортів, що вивчали в досліді, найвищий рівень гомеостатичності був у сортів Лера і Сем (11,90 і 11,80 відповідно), а найнижчий – у сорту Ультра – 3,24.

Коефіцієнт стабільності (As) характеризує господарську цінність сорту. Кращими для виробництва вважають сорти, у яких коефіцієнт стабільності перевищує 70 %. Вся сукупність сортів амаранту, представлених в досліді, за цим критерієм належить до стабільних, їх коефіцієнт був понад 70 %. Однак, серед них найвищий коефіцієнт мали сорти Лера і Сем, які виділилися і за

гомеостатичністю, що може свідчити про високий адаптивний потенціал цих сортів.

Оцінка специфічної значущості сортів амаранту, яку зумовлюють як ϵ_i – генетичний потенціал та R_i – стабільність його реалізації, дозволяють дати комплексну їм оцінку за рівнем урожайності насіння. На основі аналізу рангів практичної цінності як рангів для ϵ_i та R_i були виділені сорти амаранту з високим і низьким адаптивним потенціалом (табл. 2).

Як відомо, сорт, який має найменшу суму рангів, буде мати найбільшу практичну цінність порівняно з іншим. У наших дослідженнях за три роки найбільшу практичну цінність мали сорти з найменшою сумою рангів, яка дорівнювала чотирьом: Лера, Сем і Харківський 1 (табл. 3).

Інші сорти з більшою сумою рангів є менш ефективними в плані практичної цінності і вимагають поліпшення.

Висновок. Проведений аналіз господарської цінності сортів амаранту, найбільш поширених в східній частині Лівобережного Лісостепу України, свідчить про цінність цієї культури і перспективність її вирощування. Водночас сорти, використані в досліді, відрізнялись як за гомеостатичністю, агрономічною стабільністю, так і генетичним потенціалом і рівнем його реаліза-

Таблиця 1

Параметри адаптивного потенціалу сортів амаранту за врожайністю насіння (2019–2021 рр.)

Сорт	Xmin	Xopt	Xсер.	R(розмах)	Ном	As
Новий	1,98	2,98	2,36	1,00	4,37	77,2
Ультра	1,38	2,48	2,03	1,10	3,24	71,7
Лера	1,53	1,81	1,66	0,28	11,90	91,5
Сем	1,31	1,55	1,41	0,24	11,80	91,1
Студентський	1,73	2,70	2,36	0,97	4,51	77,0
Харківський	2,42	3,44	2,77	1,02	4,76	79,1

$NIP_{05} 0,49$ $F_{факт.} 15,72$; $F_{05} 2,23$

Таблиця 2

Адаптивний потенціал сортів амаранту за врожайністю насіння, (2019–2021 рр.)

Сорт	2019	2020	2021	X_i	X_i сер.	ϵ_i	R_i	$\beta_i 2$
Новий	1,98	2,98	2,13	7,09	2,36	0,26	1,37	0,16
Ультра	1,38	2,22	2,48	6,08	2,03	-0,07	1,54	0,13
Лера	1,53	1,64	1,81	4,98	1,66	-0,44	0,29	0,02
Сем	1,31	1,37	1,55	4,23	1,41	-0,69	0,20	0,02
Студентський	1,73	2,64	2,7	7,07	2,36	0,26	1,58	0,03
Харківський	2,42	3,44	2,46	8,32	2,77	0,67	1,36	0,25
X_j	10,35	14,29	13,13					
X_j сер	1,73	2,38	2,19					
ϵ_j	-0,37	0,28	0,09					

Таблиця 3

Практична цінність зразків амаранту

Сорт	ϵ_i	Ранг	R_i	Ранг	Сума рангів
Новий	0,26	2	1,37	3	5
Ультра	-0,07	2	1,54	3	5
Лера	-0,44	3	0,29	1	4
Сем	-0,69	3	0,20	1	4
Студентський	0,26	2	1,58	3	5
Харківський1	0,67	1	1,36	3	4

ції. Найбільшу практичну цінність мають сорти: Лера, Сем і Харківський 1, для яких характерний як високий рівень генетичного потенціалу, так і ступінь його реалізації в східній частині Лівобережного Лісостепу України.

Література

1. Володін С. А. Стимулювання виробництва нішевих культур в Україні на основі фастплант-технологій. *Економіка АПК*. 2021. № 2. С. 82–91.
2. Карасьова Н. А. Експортна перспектива нішевої продукції для малих та середніх підприємств аграрного сектора. *Агросвіт*. 2017. № 1(2). С. 14–18.
3. Кучер Л. Ю., Кучер А. В., Пащенко Ю. В. Економіка виробництва й експорту нішевих культур: сталість і конкурентоспроможність. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва*. № 2, Т. 1. 2021 С. 76–95.
4. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія / Т. І. Гопцій, М. Ф. Воронков, М. А. Бобро та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.
5. Гопцій Т. І. Амарант: біологія, вирощування, перспективи використання, селекція: монографія. Харків : ХДАУ, 1999. 273 с.
6. Mekonnen G., Woldesenbet M., Teshale T. et. al. Amaranthus caudatus Production and Nutrition Contents for Food Security and Healthy Living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. *Nutrition & Food Science International Journal*. 2018. Vol. 7, No 3. P. 23–30.
7. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017. Vol. 61. No 7. P. 1–16.
8. Topwal M. Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. *Acta scientific agriculture*. 2019. Vol. 3, No. 1. P. 9–15.
9. Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Сер.: *Нові рішення у сучасних технологіях*. 2019. № 5 (1330). С. 145–151.
10. Karamać M., Gai F., Longato E. et. al. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during. *Plant Growth. Antioxidants*. 2019. Vol. 8, No. 6. P. 45–55.
11. Фурманова Ю. П., Матіяшук О. В., П'яних С. К. Використання амарантового борошна в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. *Науковий погляд в майбутнє*. 2017. Т 2, № 5, С 52–56.
12. Stankevich G., Valentiuk N., Ovsianynkova L., Zhygunov D. Changes in quality of amaranth grain in the process of post-harvesting processing and storage. *Food Science and Technology*. 2021. 15 (1). С. 80–90.
13. Янюк Т. І., Грюнвальд Н. В. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, No 18. С. 179–192.
14. Guardianelli L. M., Salinas M. V., Puppo M. C. Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 97. P. 119–215.
15. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. *Bioactive Factors and Processing. Technology for Cereal Foods*. 2019. P. 217–232.
16. Guardianelli L. M., Salinas M. V., Puppo M. C. Chemical and thermal properties of flours from germinated amaranth seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. Vol. 13. P. 1078–1088.
17. Sindhu R., Khatkar B. S. Thermal, structural and textural properties of amaranth and buckwheat starches. *Journal of food science and technology*. 2018. Vol. 55, No. 12. P. 5153–5160.
18. Guardianelli L. M., Salinas M. V., Puppo M. C. Quality of wheat breads enriched with flour from germinated amaranth seeds. *Food science and technology international*. 2021. Vol. 28, No. 5. P. 388–396.
19. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія. Львів: Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. 328 с.
20. Левчук І. В., Кіщенко В. А., Тимченко В. К., Куниця К. В. Амарантова олія – якість та безпечність щодо використання як біологічно активної добавки. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2015. № 2. С. 74–80.
21. Федько М. М. Адаптивний потенціал та екологічна стабільність простих гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*). *Бюлетень Інституту зернового господарства*, 2010. № 1. С. 161–166.
22. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966. V. 6, No 1. P. 36–40.
23. Wricke G. Über eine Methode zur Erfassung der Ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenzuchtung*. 1962. V. 47, No 1. P. 92
24. Finley K. W., Wilkinson G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Austr. J. Agric.* 1963. V. 6. P. 742–754.
25. Гудзь Ю. В., Ю. А. Лавриненко. Теорія і практика адаптивної селекції кукурудзи. Херсон: БОРИСФЕН-поліграфсервіс, 1997. 168 с.
26. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичність і адаптивність сортів озимої пшениці. *Научн.-техн. бюл. ВСГИ*. 1981. Вып. 39. С. 8–14.
27. Гурьев Б. П., Литун П. П. и др. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурудзы. Х. : Укр НИИРСИГ, 1981. 27 с.
28. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. 2000. Т 1. 100 с.
29. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналіт. Доповідь. / ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

References

1. Volodin, S. A. (2021). Stymuliuвання виробництва нішевих культур в Україні на основі fastplant-технології [Stimulating the production of niche crops in Ukraine based on fastplant technologies]. *Ekonomika APK*, no. 2, pp. 82–91. [in Ukrainian].
2. Karasova, N. (2017). Eksportna perspektyva nishevoi produktsii dlia malykh ta serednikh pidpriemstv aharnoho sektora [Export prospects of niche products for small and medium agricultural enterprises]. *Agrosvit*, no. 1-2, pp. 14–18. [in Ukrainian].
3. Kucher, L. Yu., Kucher, A. V., Pashchenko, Yu. V. 2021. Ekonomika vyrobnytstva y eksportu nishevykh kultur: stalist i konkurentospromozhnist [Economics of production and export of niche crops: sustainability and competitiveness]. *Bulletin of the KHNAU named after V.V. Dokuchaeva. Ser. "Economic sciences"*, vol. 2, no. 1, pp. 76–95. [in Ukrainian].
4. Hoptsi, T. I., Voronkov, M. F., Bobro, M. A., Myroshnychenko, L. O., Lymanska, S. V., Hudym, O. V., Hudkovska N. B., Duda, Yu. V. (2018). Amaran: selektsiia, henetyka ta perspektyvy vyroshchuvannia: monohrafiia [Amarant: breeding, genetics and cultivation prospects: Monograph]. Kharkiv: KhNAU, 362 p. [in Ukrainian].
5. Hoptsi, T.I. (1999). Amaran: biolohiia, vyroshchuvannia, perspektyvy vykorystannia, selektsiia: monohrafiia [Amaranth: biology, cultivation, prospects of use, selection: Monograph]. Kharkiv: KhNAU, 273 p. [in Ukrainian].
6. Mekonnen, G., Woldesenbet, M., Teshale, T., Biru, T. (2018). Amaranthus caudatus production and nutrition contents for food security and healthy living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. *Nutr. Food Sci. Int. J.*, vol. 7, no. 3. pp. 23–30.
7. Tang, Y., Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (7), pp. 1–16.
8. Topwal, M. (2019). A review on amaranth: nutraceutical and virtual plant for providing food security and nutrients. *Acta scientific agriculture*, vol. 3, no. 1, pp. 9–15.
9. Mykolenko, S., Tsaruk, L., Chursinov, Yu. (2019). Vplyv produktiv pererobky amarantu i chia na yakist khliba [Effect of amaranth products and chia on bread quality]. *Bulletin of NTU "KPI", Series: New solutions in modern technologies*, vol. 5, no.1330, pp. 145–151. [in Ukrainian].
10. Karamać, M., Gai, F., Longato, E., Meineri, G., Janiak, M.A., Amarowicz, R., Peiretti, P.G. (2019). Antioxidant activity and phenolic composition of amaranth (*Amaranthus caudatus*) during plant growth. *Antioxidants*, 8(6), 173 p.
11. Matiyaschuk, E.V., Furmanova, J.P., P'ynih, S.K. (2017). Vykorystannia amarantovoho boroshna v tekhnologii vyrobnytstva biskvitnykh napivfabrykativ [Amaranth flour in the sponge semi-finished production technologies]. *Scientific look into the Future*, no. 6, pp. 52–58. [in Ukrainian].
12. Stankevich, G., Valentiuk, N., Ovsiannykova, L., Zhygunov, D. (2021). Changes in quality of amaranth grain in the process of post-harvesting processing and storage. *Food Science and Technology*, 15(1). pp. 80–90.
13. Yaniuk, T., Hriunvald, N. (2022). Vyrobnytstvo amarantu v Ukraini: stan i perspektyvy [Amaranth production in Ukraine: state and prospects]. *Food resources*, vol. 10, no. 18, pp. 179–192. [in Ukrainian].
14. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Puppo, M. C. (2019). Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*, vol. 97, pp. 105–242.
15. Iftikhar, M., Khan, M. (2019). Amaranth. *Bioactive factors and processing technology for cereal foods*, pp. 217–232.
16. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Puppo, M. C. (2019). Chemical and thermal properties of flours from germinated amaranth seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, pp. 1078–1088.
17. Sindhu, R., Khatkar, B. S. (2018). Thermal, structural and textural properties of amaranth and buckwheat starches. *Journal of food science and technology*, vol. 55, pp. 5153–5160.
18. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Puppo, M. C. (2022). Quality of wheat breads enriched with flour from germinated amaranth seeds. *Food Science and Technology International*, vol. 28, no. 5, pp. 388–396.
19. Lozova, T. M., Syrokhman, I. V. (2017). Naukove obgruntuvannia polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam pryrodnoi netradytsiinoi syrovyny: monohrafiia [Scientific substantiation of improving the consumption properties of flour confectionery products using natural non-traditional raw materials: monograph]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. [in Ukrainian].
20. Levchuk, I. V., Kishchenko, V. A., Tymchenko, V. K., Kuniytsia, K. V. (2015). Amaranтова oliia – yakist ta bezpechnist shchodo vykorystannia yak biolohichno aktyvnoi dobavky [Amaranth oil – the quality and safety of the use in a dietary supplement]. *Intehrovani tekhnologii ta enerhozberezhennia*, no. 2, pp. 74–80. [in Ukrainian].
21. Fedko, M. M. (2010). Adaptivnyi potentsial ta ekolohichna stabilnist prostykh hibrydiv kukurudzy (*Zea mays* L.) [Adaptive potential and ecological stability of simple hybrids of maize (*Zea mays* L.)]. *Bulletin of the institute of grain farming*, vol. 39, pp. 161–166. [in Ukrainian].
22. Eberhart, S. T., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop science*, vol. 6, no. 1, pp. 36–40. (in English).
23. Wricke, G. (1962). Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z. pflanzenzüchtg.*, vol. 47, pp. 92–96.

24. Finlay, K. W., Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian journal of agricultural research*, vol. 14, no. 6, pp. 742–754.

25. Hudz, Yu. V., Lavrynenko, Yu. A. (1997). *Teoriya i praktika adaptivnoy selektsii kukuruzy* [Theory and practice of adaptive breeding in corn]. *Kherson: BORYSFEN-polyhrafservys*. [in Russian].

26. Khangildin, V. V., Litvinenko, N. A. (1981). Gomeostatichnost i adaptivnost sortov ozimoy pshenitsy [Homeostasis and adaptability of winter wheat varieties]. *Nauchn.-tekhn. byul. VSGI*, vol. 39, pp. 8–14. [in Russian].

27. Hurev, B. P., Lytun, P. P., Hureva, Y. A. (1981). *Metodicheskie rekomendatsii po ekologicheskomu*

sortoispytaniyu kukuruzy [Guidelines for ecological variety testing of corn]. *Kharkov: Ukr NYRSyH*. [in Russian].

28. Volkodav, V. V. (2000). *Metodykaderzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. *Kyiv: State Commission of Ukraine for Testing and Protection of Plant Varieties*, 100 p. [in Ukrainian].

29. Ivaniuta, S. P., Kolomiiets, O. O., Malynovska, O. A., Yakushenko, L. M. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii : analit. Dopovid.* [Climate change: consequences and adaptation measures: analyst. report]. / ed. S. P. Ivanyuty. *Kyiv: NISD*, 110 p. [in Ukrainian].

**О. О. Данилів,**

аспірант кафедри лісового і аграрного менеджменту
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
(м. Івано-Франківськ, Україна)
E-mail: olekdanyliv@gmail.com

ҐРУНТОВІ РЕСУРСИ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇХ ОХОРОНА

Ґрунт – важлива і незамінна складова екосистеми, яка володіє унікальною властивістю – родючістю. Ґрунт, як ресурс забезпечує виробництво сільськогосподарської продукції. В умовах загострення світової продовольчої кризи виникає необхідність в особливій увазі щодо стану ґрунтових ресурсів та їх охорони.

Метою статті є охарактеризувати сучасний стан ґрунтових ресурсів Івано-Франківщини, висвітлити основні деградаційні процеси, що їх погіршують, запропонувати заходи щодо охорони та раціонального використання ґрунтів.

Особливістю ґрунтового покриву області є те, що тут зустрічаються майже всі генетичні та агропромислові типи, підтипи ґрунтів, які властиві для лісостепової зони, передгір'я та Карпат. Відповідно до природної зональності в лісостеповій частині області поширені сірі лісові ґрунти і чорноземи опідзолені, які є найбільш родючими ґрунтами в області. В Передкарпатті переважають дерново-підзолисті ґрунти, в Карпатах – бурі гірсько-лісові ґрунти. Значну частину території області займають лучно-чорноземні, чорноземно-лучні та дернові ґрунти. Окремими масивами в усіх ґрунтово-кліматичних зонах поширені лучні, лучно-болотні і болотні ґрунти.

Нераціональне використання ґрунтів – інтенсифікація землеробства, недотримання еколого-безпечного землекористування призвели до погіршення властивостей ґрунтів. Серед всіх видів деградації найбільшого поширення набув інтенсивний розвиток водно-ерозійних процесів. Щороку збільшуються площі змитих, розмитих ґрунтів. Поряд з ерозією ґрунту відбуваються й інші негативні процеси, такі як дегуміфікація, зростання площі кислих ґрунтів.

Для покращення стану ґрунтових ресурсів необхідно: на еродованих землях провести комплекс протиерозійних заходів, а на кислих – заходи хімічної меліорації. Ґрунтоохоронні заходи повинні включати: проведення систематичного контролю за станом ґрунтового покриву; посилення відповідальності землекористувачів за експлуатацію земельних ділянок; систему економічних стимулів за покращення родючості ґрунтів.

Ключові слова: ґрунтові ресурси, деградація, ґрунтозахисні заходи, родючість ґрунтів, ерозія.

O. O. Danyliv,

Graduate student at the Department of Forestry and Agrarian Management
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University (Ivano-Frankivsk, Ukraine)

SOIL RESOURCES OF IVANO-FRANKIVSK REGION AND THEIR PROTECTION

Soil is an important and irreplaceable component of the ecosystem, which has a unique property – fertility. Soil as a resource ensures the production of agricultural products. In the context of the aggravation of the global food crisis, there is a need for special attention to the state of soil resources and their protection.

The purpose of the article is to characterize the current state of soil resources in the Ivano-Frankivsk region, to highlight the main degradation processes that worsen them, to propose measures for the protection and rational use of soils.

The peculiarity of the soil cover of the region is that almost all genetic and agro-production types, subtypes of soils, which are typical for the forest-steppe zone, foothills and Carpathians, are found here. According to the natural zoning, in the Western forest-steppe part of the region, gray forest soils and podzolized chernozems are common, which are the most fertile soils in the region. Turf-podzolic soils predominate in Precarpathia, brown mountain and forest soils prevail in the Carpathians. A significant part of the territory of the region is occupied by meadow-black earth, black earth-meadow and sod soils. Meadow, meadow-swamp and swamp soils are common in all soil and climate zones.

Irrational use of soils – intensification of agriculture, non-compliance with ecologically safe land use led to the deterioration of soil properties. Among all types of degradation, the most widespread is the intensive development of water erosion processes. Every year, the areas of washed away, eroded soils increase. Along with soil erosion, other negative processes take place, such as dehumification, the increase in the area of acidic soils.

In order to improve the state of soil resources it is necessary: to carry out complex of anti-erosion measures on eroded lands, and to carry out chemical reclamation measures on acidic ones. Soil protection measures should include: systematic monitoring of the condition of the soil cover; strengthening the responsibility of land users for the exploitation of land plots; a system of economic incentives for improving soil fertility.

Key words: soil resources, degradation, soil protection measures, soil fertility, erosion.

Таблиця 1

Структура ґрунтового покриття Івано-Франківської області*

№	Генетична назва ґрунту	Заг. площа, тис. га	Орних земель, тис. га
1	Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти	100,0	47,1
2	Підзолисто-дернові оглеєні	2,7	1,8
3	Ясно-сірі опідзолені, в тім числі оглеєні	5,3	2,7
		1,8	0,9
4	Сірі опідзолені, в тім числі оглеєні	28,5	17,6
		13,3	9,4
5	Темно-сірі опідзолені, в тім числі оглеєні	59,4	55,1
		20,0	17,5
6	Чорноземи опідзолені, в тім числі оглеєні	101,1	95,5
		54,5	51,6
7	Чорноземи глибокі мало гумусні карбонатні	11,3	9,7
8	Чорноземи глибокі мало гумусні вилугувані	3,3	3,0
9	Лучно-чорноземні	3,9	2,2
10	Чорноземно-лучні	5,1	2,8
11	Лучні	50,0	29,5
12	Лучно-болотні	8,7	1,3
13	Болотні	13,1	1,6
14	Торфовища низинні	2,4	0,1
15	Дернові ґрунти, в тім числі оглеєні	13,9	3,1
		7,8	3,3
16	Піски слабо задерновані	4,1	-
17	Дернові опідзолені, в тім числі оглеєні	39,6	27,9
		19,3	10,6
18	Буроземно-підзолисті, в тім числі оглеєні	38,2	16,7
		31,7	11,4
19	Бурі гірсько-лісові переважно щепенуваті ґрунти	56,0	1,7
20	Бурі гірсько-лісові опідзолені, в тім числі оглеєні	21,0	5,2
		8,9	3,9
21	Дерново-буроземні неглибокі, в тім числі оглеєні	49,1	4,0
		33,9	0,8
22	Дерново-буроземні опідзолені, в тім числі глейові	28,3	13,7
		8,4	3,2
23	Лучно-буроземні	3,0	1,7
24	Виходи порід	4,1	0,1
Разом		659,9	347,6

* Складено на основі матеріалів великомасштабних ґрунтових обстежень 1958–1961 років та їх коригування у 70–80-х роках.

ської і Бистрицько-Тлумацької височини, а також в центральній частині Рогатинського Опілля. Вміст гумусу в орному шарі чорноземів опідзолених коливається в межах 3,0–4,3%. З глибиною його вміст поступово зменшується і на глибині 70 см становить 1,8%. Реакція ґрунтового розчину у верхньому горизонті слабокисла. Гідролітична кислотність порівняно висока 3,5 ммоль-екв на 100 г ґрунту. Сума увібраних основ коливається в межах від 15,4 до 30,08 ммоль-екв на 100 г

Постановка проблеми. Ґрунтові ресурси – основа розвитку аграрного сектору економіки країни та забезпечення сприятливого для людини стану довкілля [1]. Ґрунт, як ресурс забезпечує виробництво сільськогосподарської продукції і водночас виконує важливі біосферні функції. В умовах загострення світової продовольчої кризи виникає необхідність в особливій увазі щодо стану ґрунтових ресурсів та їх охорони.

Головною проблемою використання ґрунтових ресурсів області є стрімка деградація ґрунтів. З кожним роком збільшуються площі змитих, розмитих, кислих і забруднених ґрунтів. Для раціонального використання ґрунтового потенціалу необхідний аналіз сучасного стану ґрунтів та відповідні ґрунтоохоронні заходи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Ґрунтові ресурси – це сукупність усіх таксономічних ґрунтових одиниць з характерними їм властивостями та функціями, що використовуються або можуть бути використані в усіх видах господарської діяльності, та для оптимізації стану екологічної ситуації в межах природних чи адміністративних утворень [2]. Ґрунтові ресурси більш вузьке поняття, а ніж земельні ресурси. Останні включають, окрім ґрунтів, рельєф, рослинність та інші складові в межах певної ділянки [3]. Нині ґрунтові ресурси у суспільстві розглядають в основному як джерело і засіб одержання прибутку, не акцентуючи увагу на тому, що без турботи про охорону, збереження та відтворення ґрунтової родючості втрачається природна цінність [4].

Нині зростає увага дослідників щодо збереження ґрунтів України [5–7]. Вже розроблено концепт стратегію сталого управління ґрунтовими ресурсами [8–9]. Про особливий підхід і нове бережливе ставлення до ґрунту, охорону та збереження його для наступних поколінь наголошує С.П. Позняк [10].

Проте попри значні напрацювання науковців та багатогранне висвітлення цієї проблеми, стан ґрунтів продовжує погіршуватись, а питання збереження ґрунтових ресурсів і запобігання їх деградації залишається відкритим.

Метою статті є охарактеризувати сучасний стан ґрунтових ресурсів області, визначити основні деградаційні процеси і запропонувати заходи щодо їх охорони.

Результати дослідження. Загальна площа Івано-Франківської області 1392,7 тис. га, сільськогосподарських земель – 621,2 тис. га, рілля – 400,6 тис. га. Згідно зі схемою ґрунтово-екологічного районування України, територія області входить до складу трьох зон – Лісостепової, Передкарпатської лісової і Карпатської лісової. Ґрунтовий покрив досить різноманітний, що зумовлено природно-історичними факторами (табл. 1).

У структурі ґрунтового покриття переважають чорноземи опідзолені – 101,1 тис. га. Вони сформувалися на невисоких слабоеродованих плато та пологіх схилах в умовах глибокого залягання ґрунтових вод. Значні масиви цих ґрунтів зустрічаються на рівнинних просторах Покут-

ґрунту, середня – 22,4 ммоль-екв на 100 г ґрунту. Ступінь насичення основами – 72 до 87%. Це найбільш родючі ґрунти області. Проте вони практично повністю розорані (95,5 тис. га) і найбільше зазнають змін деградаційного характеру.

У структурі ґрунтового покриву чорноземи опідзолені утворюють поєднання з сірими лісовими ґрунтами, останні займають площу 93,2 тис. га. Сірі лісові ґрунти широкою меридіальною смугою охоплюють суцільний масив від долини Дністра на півночі до села Коршова на півдні і ніби являють собою перехід від чорноземів опідзолених Покуття до дерново-підзолистих ґрунтів Передкарпаття [11].

В області зустрічаються всі підтипи сірих лісових ґрунтів. Найбільш поширені темно-сірі лісові (59,4 тис. га). Темно-сірі опідзолені ґрунти містять у середньому від 1,5 до 4% гумусу, кількість якого поступово зменшується з глибиною. Реакція ґрунтового розчину становить 5,3. Сума увібраних основ становить 15,6 ммоль-екв на 100 г ґрунту. Гідролітична кислотність досить висока – 4,5 ммоль-екв на 100 г ґрунту. Ступінь насичення основами – 74,4%.

Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти – другі за площею ґрунти області (100 тис. га) поширені переважно на Передкарпатті. Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються вмістом гумусу у верхніх горизонтах від 2,5 до 3,0%. Реакція ґрунтового розчину кисла, величина pH_{KCl} становить від 4,3 до 5,0. Гідролітична кислотність значна (5–13 ммоль-екв на 100 г ґрунту), вона збільшується зі зростанням оглеєння ґрунту і ступеня його опідзолення. Кількість увібраного кальцію в них 6,3 і магнію 2,5 ммоль-екв на 100 г ґрунту, що вказує на низьку насиченість їх основами.

Бурі гірсько-лісові ґрунти займають площу 77 тис. га. і поширені в гірській частині області на добре дренованих кислих породах, що являють собою елювій-делювій карпатського флішу, на хребтах і схилах різної висоти та крутизни, в межах лісового поясу до висоти 1500–1550 м над рівнем моря. За особливостями рельєфу, експозиції і крутизни схилів, материнських гірських порід та умов зволоження бурі гірсько-лісові ґрунти поділяють на неглибокі (сума горизонтів H + HP до 40–45 см), середньоглибокі (до 75 см), глибокі (понад 75 см), нещербеністі, щербеністі, неоглеєні та оглеєні відміни. Для відмін бурих гірських ґрунтів характерні середні показники вмісту гумусу з верхніх горизонтів 2,1–3,4%. Реакція ґрунтового розчину сильнокисла, величина pH_{KCl} становить 4,4–4,5. Сума увібраних основ дорівнює 7,8–10,5 ммоль-екв на 100 г, гідролітична кислотність – 3,0–9,97 ммоль-екв на 100 г ґрунту, а в окремих випадках досягає значень – 20–25 ммоль-екв. Ступінь насичення основами низький – 62% [11].

Значну частину території області займають лучно-чорноземні, чорноземно-лучні та дернові ґрунти. Окремими масивами в усіх ґрунтово-кліматичних зонах поширені лучні, лучно-болотні і болотні ґрунти (табл. 1).

Стан ґрунтових ресурсів залежить не тільки від якісних показників, а й від технологій та мето-

дів їх використання. Ступінь сільськогосподарської освоєності території коливається у межах 54–64% в передгірських і 63–77% в лісостепових районах. Ці показники значно перевищують межу екологічної збалансованості. У районах лісостепової зони розорано в середньому 77% сільськогосподарських земель, у передгірських – 72%. Як наслідок високої сільськогосподарської освоєності земельного фонду без належних заходів щодо їх охорони і відтворення родючості, як виробничого ресурсу та важливої складової навколишнього середовища, є прогресуюча деградація земель, що створює загрозу екологічній безпеці області.

Основним і найбільш негативним наслідком нераціонального сільськогосподарського землекористування є інтенсивний розвиток водно-ерозійних процесів. Ерозійним процесам піддано 133,7 тис. га сільськогосподарських угідь, що складає 21,2% від площі сільськогосподарських угідь області [12]. Із всіх сільськогосподарських угідь 73,4 тис. га – слабо-, 333,1 тис. га – середньо- і 17,3 тис. га – сильнозмиті. Розмитих земель 6 тис. га. Площа еродованих орних земель 99,1 тис. га. Переважна більшість еродованих земель знаходиться в лісостеповій частині області, де ерозією пошкоджено 26–42% сільськогосподарських угідь [13].

Поряд з ерозією ґрунту відбуваються й інші деградаційні процеси – дегуміфікація, зростають площі кислих ґрунтів. Деградаційні процеси призводять до зменшення потужності генетичних горизонтів, вмісту гумусу, погіршують структурно-агрегатний стан та загальні фізичні властивості ґрунтів.

За даними Івано-Франківської філії ДУ «Держґрунтохорона», в області серед обстежених угідь 48,1% кислих земель. Кислотність ґрунтів негативно позначається на їх родючості. Серед них 13,4% припадає на дуже сильно- та сильнокислі, 13,0% – середньокислі, 21,8% – слабокислі ґрунти. Найбільше кислих угідь, серед обстежених, знаходиться у гірських районах Карпат. Найменшу питому вагу серед обстежених сільськогосподарських земель займають кислі ґрунти у лісостеповій частині області [14].

Середньозважений показник вмісту гумусу по області за період з 2016 по 2020 роки становить 3,23%, що відповідає підвищеному рівню забезпеченості. Порівняно з попереднім туром обстеження, цей показник знизився на 0,05%. Найвищий показник забезпеченості гумусом у Коломийському районі. Найнижчий – у Косівському та Надвірнянському районах.

Обсяги внесення органічних добрив в області незначні, за останній тур склали лише 3,1 т/га посівної площі, тоді як мінімальна норма для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу (залежно від ґрунтово-кліматичної зони) має становити в рік від 8 до 14 т/га [14].

Такий стан ґрунтових ресурсів загрожує втратою родючих земель. Охорона ґрунтів має бути максимально спрямована на захист ґрунтів від подальшого руйнування. З метою захисту ґрунтів від ерозії необхідно: впровадження

ґрунтозахисного обробітку ґрунту; оптимізація структури посівних площ; консервація сильноеродованих та малопродуктивних земель. Внесення оптимальних доз органічних добрив, проведення вапнування кислих ґрунтів можуть покращити показники родючості. Проте для повного подолання проблеми, охорона ґрунтів повинна бути частиною політики держави. Систематичний контроль за станом ґрунтового покриву на законодавчому рівні може дати позитивний ефект, за умови, що землекористувачі нестимуть відповідальність за використання земельних ділянок.

Висновки. Ґрунтовий покрив тісно пов'язаний з природно-історичними факторами. Відповідно до природної зональності, в лісостеповій частині області переважають чорноземи опідзолені, що характеризуються високим рівнем родючості. В Передкарпатській лісовій зоні найбільш поширені дерново-підзолисті, а в Карпатській лісовій – бурі гірсько-лісові ґрунти. Ці ґрунти в основному кислі, тому потребують внесення достатньої кількості органічних добрив і проведення меліоративних заходів.

В цілому область має сприятливі ґрунто-ресурсні умови, проте інтенсифікацією землеробства, недотриманням еколого-безпечного землекористування призводить до деградації ґрунтів. Серед всіх деградаційних процесів найбільшого поширення набув розвиток водно-ерозійних процесів. Для покращення стану ґрунтових ресурсів на еродованих землях слід провести комплекс протиерозійних заходів (консервація сильноеродованих земель, впровадження ґрунтозахисного обробітку ґрунту, оптимізація структури посівних площ). Ґрунтоохоронні заходи мають включати: систематичний контроль за станом ґрунтового покриву; посилення відповідальності землекористувачів за експлуатацію земельних ділянок; впровадження на законодавчому рівні економічних стимулів за покращення родючості ґрунтів.

Література

1. Балюк С. А., Мірошніченко М. М., Медведєв В. В. Наукові засади сталого управління ґрунтовими ресурсами України. Вісник аграрної науки, 2018. № 11. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-01>
2. Паньків З.П. Ґрунтові ресурси: значення та функції. Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки, Т. 20, випуск 2 (25), 2015. С. 84–96.
3. Паньків З. П. Ґрунтові ресурси Львівської області. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія, 2016. № 1. С. 43–50.
4. Тараріко О. Г. Наукові основи біологізації і екологізації ґрунтозахисного землеробства. Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН. Київ, 1999. Вип. № 4. С. 31–39.
5. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України; за ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва. Київ: Аграрна наука, 2012. 239 с.

6. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти : колективна монографія / за ред. акад. НААН С. А. Балюка, чл.-кор. АЕНУ А. В. Кучера. Харків, 2015. 432 с.

7. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 5–11.

8. Балюк С.А., Кучер А.В., Максименко Н.В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. Укр. геогр. журн., 2021. № 2. С. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.003>

9. Балюк С. А., Кучер А. В. Просторові особливості ґрунтового покриву як основа сталого управління ґрунтами. Укр. геогр. журн., 2019. № 3. С. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003>

10. Позняк С. П. Ґрунти в сучасному суспільстві. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2017. Випуск 51. С. 304–313.

11. Ґрунти Івано-Франківської області. Укрземпроект. Ужгород: Карпати, 1962. 77 с.

12. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України/ Мінагрополітики, Центроб-лдержродючість, НААНУ, ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, НУБіП. Київ, 2010. 111 с.

13. Приходько М.М. Природно-ресурсний потенціал, антропогенне навантаження та небезпечні екзогенні геодинамічні процеси в Івано-Франківській області. Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу, 2002. № 2. С. 144–151.

14. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області в 2020 році. Івано-Франківськ, 2021. 276 с.

References

1. Baliuk S. A., Miroshnychenko M. M., Medvediev V. V. (2018) Naukovi zasady staloho upravlinnia gruntovymy resursamy Ukrainy [Scientific bases of stable management of soil resources of Ukraine]. Visnyk ahrarnoi nauky, 11, 5–12. [in Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-01>
2. Pankiv Z.P. (2015) Gruntovi resursy: znachennia ta funktsii [Soil resources: their meaning and functions]. Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Neohrafichni ta heolohichni nauky, T. 20, № 2 (25), 2015, 84–96 [in Ukrainian]
3. Pankiv Z. P. (2016) Gruntovi resursy Lvivskoi oblasti [The soil resources of Lviv region]. Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Neohrafiia, 1, 43–50. [in Ukrainian]
4. Tarariko O. H. (1999) Naukovi osnovy biolohizatsii i ekolohizatsii gruntozakhysnoho zemlerobstva [Scientific basis of biologization and ecologization of soil-protecting agriculture]. Zb. nauk. prats Instytutu zemlerobstva UAAN. Kyiv, 4, 31–39. [in Ukrainian]

5. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Velychko, V.A., Horin, M.O. et al. (2012). Stratehiiia zbalansovanoho vykorystannia, vidtvorennia i upravlinnia gruntovymy resursamy Ukrainy [Strategy of balanced use, reproduction and management of soil resources of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka, 239. [in Ukrainian]

6. Ratsionalne vykorystannia gruntovykh resursiv i vidtvorennia rodiuchosti gruntiv: orhanizatsiino-ekonomichni, ekolohichni y normatyvno-pravovi aspekty [Rational use of soil resources and soil fertility restoration: organizational, economic, ecological and legal aspects: collective monograph]: kolektyvna monohrafiia / za red. akad. NAAN S. A. Baliuka, chl.-kor. AENU A. V. Kuchera. Kharkiv, 2015, 432. [in Ukrainian]

7. Baliuk S.A., Medvediev V.V., Vorotyntseva L.I., Shymel V.V. (2017) Suchasni problemy dehradatsii gruntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neitralnogo yii rivnia [Modern problems of soil degradation and measures to achieve a neutral soil level]. Visnyk ahrarnoi nauky, 8, 5–11. [in Ukrainian]

8. Baliuk S.A., Kucher A.V., Maksymenko N.V. (2021) Gruntovi resursy Ukrainy: stan, problemy i stratehiiia staloho upravlinnia [Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management]. Ukr. heohr. zhurn., 2, 3–11. [in Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.003>

9. Baliuk S. A., Kucher A. V. (2019) Prostorovi osoblyvosti gruntovoho pokryvu yak osnova staloho

upravlinnia gruntamy [Spatial features of the soil cover as the basis for sustainable soil]. Ukr. heohr. zhurn., 3, 3–14. [in Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003>

10. Pozniak S. P. Grunty v suchasnomu suspilstvi (2017) [Soils in the modern society]. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heohrafichna, 51, 304–313 [in Ukrainian]

11. Grunty Ivano-Frankivskoi oblasti (1962) [Soils of the Ivano-Frankivsk region]. Ukrzemproekt. Uzhhorod: Karpaty, 77. [in Ukrainian]

12. Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy [National report on the state of soil fertility of Ukraine] / Minahropolityky, Tsentrolderzhrodiuchist, NAANU, NNTs IHA im. O.N. Sokolovskoho, NUBiP. Kyiv, 2010, 111. [in Ukrainian]

13. Prykhodko M.M. (2002) Pryrodno-resursnyi potentsial, antropohenne navantazhennia ta nebezpechni ekzohenni heodynamichni protsesy v Ivano-Frankivskii oblasti [Natural resource potential, anthropogenic load and dangerous exogenous geodynamic processes in the Ivano-Frankivsk region]. Naukovyi visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu nafty i hazu, 2, 144–151 [in Ukrainian]

14. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnogo pryrodnoho seredovyscha v Ivano-Frankivskii oblasti v 2020 rotsi [Regional report on the state of the natural environment in the Ivano-Frankivsk region in 2020]. Ivano-Frankivsk, 2021, 276. [in Ukrainian]



Г. Б. Попович,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри плодовоовочівництва і виноградарства
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
(м. Ужгород, Україна)
E-mail: halina.popovich@uzhnu.edu.ua



Н. П. Садовська,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри плодовоовочівництва і виноградарства
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
(м. Ужгород, Україна)
E-mail: nadija.sadovska@uzhnu.edu.ua



А. Ф. Гамор,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри плодовоовочівництва і виноградарства
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
(м. Ужгород, Україна)
E-mail: andriy.hamor@uzhnu.edu.ua



О. М. Вантюх,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри плодовоовочівництва і виноградарства
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
(м. Ужгород, Україна)
E-mail: olesia.kovalyuk@uzhnu.edu.ua

ВИРОЩУВАННЯ РОЗСАДИ КАПУСТИ БРОКОЛІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ФІТОЛАМП

Стаття присвячена вивченню впливу світлодіодних фітоламп на формування параметрів розсади капусти броколі у ранньо-весняний період. Виявлено позитивний вплив світлодіодних фітоламп при формуванні біометричних параметрів розсади капусти броколі у ранньо-весняний період. Вже на ранніх етапах розвитку сіянців при досвічуванні спостерігали суттєві відмінності за темпами розвитку листків та їх прискорений ріст. При вступанні сіянців капусти броколі у фазу розкритих сім'ядоль за природного світла (24000 лк), у сіянців при досвічуванні відмічали формування першого справжнього листка. У той час як у варіанті з досвічуванням (2900 лк) у гібриду Монако F1 всі рослини вступили у фазу п'яти справжніх листків, у варіанті без досвічування фіксували сформовані чотири листки і тільки у 40% облікових рослин відмічали зачатки п'ятого листка. Надалі, починаючи із фази формування п'ятого-шостого листків, за темпами розвитку справжніх листків рослини контролю і дослідного варіанту майже не різнилися. Упродовж досліджень варіанти відрізнялися за площею асиміляційної поверхні та висотою стебла рослин. За цими показниками у сформованій розсади вирізнялися рослини за досвічування: 54,3 см²/росл., 11,2 см у Монако F₁, 30,2 см²/росл., 11,2 см у Зеленого Калабризу та 24,5 см²/росл., 9,2 см у Тонусу порівняно з контролем – відповідно 37,5 см²/росл., 7,4 см у Монако F₁, 27,0 см²/росл., 8,8 см у Зеленого Калабризу та 20,1 см²/росл., 8,5 см у Тонусу. Крім того, розсада, вирощена з досвічуванням, вирізнялася за діаметром стебла та розетки листків, за масою надземної та кореневої частин порівняно зі зразками контрольного варіанту.

Ключові слова: досвічування, світлодіодна фітолампа, капуста броколі, розсада, фенологічні спостереження, біометричні вимірювання.

Н. В. Popovich,
Phd of Biological Sciences,
Associate Professor at the Fruit and Vegetable Cultivation and Viticulture Department
Uzhhorod National University (Uzhhorod, Ukraine)

N. P. Sadovska,
Phd of Biological Sciences,
Associate Professor at the Fruit and Vegetable Cultivation and Viticulture Department
Uzhhorod National University (Uzhhorod, Ukraine)

A. F. Hamor,
Phd of Biological Sciences,
Associate Professor at the Fruit and Vegetable Cultivation and Viticulture Department
Uzhhorod National University (Uzhhorod, Ukraine)

O. I. Vantiukh,
Phd of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Fruit and Vegetable Cultivation and Viticulture Department
Uzhhorod National University (Uzhhorod, Ukraine)

GROWING OF BROCCOLI CABBAGE SEEDLINGS USING PHYTOLAMPS

The thesis being presented is a study the influence of LED phytolamps on the formation of broccoli seedlings in the early spring period. The positive influence of LED phytolamps in the formation of biometric parameters of broccoli seedlings in the early spring period was revealed. A positive influx of light phytolamps was revealed during the formation of biometric parameters in broccoli seedlings in the early spring period. Already at the early stages, the development of seedlings with the completion of the match was suspected of the significant differences behind the pace of the development of leaflets and their accelerations. When broccoli enters the phase of flaming cotyledons for natural light (24000 lux), in seedlings, when the broccoli finishes, the formation of the first reference sheet was observed. At that time, in the variant with completion (2900 lux) of the Monaco F1 hybrid, all the growths entered the phase of five right leaves. In the future, starting from the phase of the formation of the fifth-sixth leaves, did not change at the rate of development of the right leaves in the control line and the next variant. Upgrading the following options differed for the area of the assimilation surface and the height of the plant stem. Behind these indications, in the formed rose garden, growths were observed for reaching: 54,3 cm²/plant, 11,2 cm for Monaco F1, 30,2 cm²/plant, 11,2 cm for Green Calabriz and 24,5 cm²/plant, 9,2 cm in Tonus equal to the control – 37,5 cm²/plant, 7,4 cm in Monaco F1, 27,0 cm²/plant, 8,8 cm in Green Calabriz 20,1 cm²/plant, 8,5 cm for Tonus. In addition, the rose garden, grown with additional light, was distinguished by the diameter of the stem and the rosette of leaves, by the weight of the aerial and root parts, it was equal to the control variant. It has been established that the addition of light positively added to the formation of the assimilatory surface and the height of the stem of young broccoli seedlings, the increase in above-ground mass ensured a shorter development of the root system.

Key words: additional illumination, LED phytolamp, broccoli, seedlings, phenological observations, biometric measurements.

Постановка проблеми. Світлова енергія є важливим фактором, що впливає на ріст, розвиток і врожайність рослин у закритому ґрунті. Світло, необхідне для рослин, повинне бути визначеного спектрального складу, достатньої інтенсивності та визначеної тривалості. Ранньою весною у теплицях природного освітлення не вистачає, тому для оптимального росту і розвитку рослин використовують додаткові джерела світла.

Енергетичної ефективності опромінення рослин можна досягти за допомогою використання високоефективних джерел світла зі спектральним складом випромінювання, що сприятливо впливає на біологічні процеси в рослинах. Тому дослідження ламп з відповідним спектральним складом опромінення для вирощування овочевих культур є актуальним.

Використання у закритому ґрунті різних спектральних комбінацій світлодіодного освітлення показало позитивний вплив на ріст, розвиток, врожайності рослин та якості продукції [11, 10, 14, 2, 9, 5, 12]. Перевагами застосування світлодіодних ламп є їх низьке споживання електроенергії, невелике виділення тепла, безпечність при використанні, довговічність, можливість контролювати їх яскравість, світловий потік і його спектральний склад.

Капуста броколі – культура довгого дня, помірно вимоглива до інтенсивності світла, однак потребує його достатньо багато у період формування розсади (20–30 тис. лк.) для накопичення пластичних речовин і загартування. У зв'язку з недостатністю світла при вирощуванні розсади, рослини витягуються у висоту та утворюються невеликі листки. Після формування значної площі листової поверхні у рослин капусти броколі вимогливість до інтенсивності освітлення дещо знижується, знову зростає – у фазі формування головок [20]. Саме тому в якості об'єкту для досліджень обрали культуру капусти броколі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Капуста броколі – перспективна малопоширена культура в Україні. Площі під цією культурою є незначними, однак, в останні роки спостерігається тенденція до їх збільшення завдяки

неперевершеним харчовим і лікувальним властивостям. Світові площі посівів капусти броколі знаходяться на рівні 250 тис. га, а виробництво сягає 3 млн. т. Збільшити обсяги виробництва капусти броколі в Україні можливо за умови вдосконалення та впровадження новітніх підходів до технології її вирощування. Вирощують капусту броколі розсадним або безрозсадним способами. За конвеєрної технології розсаду висаджують у чотири строки, а насіння в ґрунт висівають у три терміни через 15–20 діб. Розсаду можна висаджувати у відкритий ґрунт після появи п'яти–шести справжніх листків [16].

Г. Фіутак і М. Міхальчик (G. Fiutak & M. Michalczyk, 2020) [3] досліджували вплив ламп розжарювання, флуоресцентного та світлодіодного (ЧЗС (червоний, зелений, синій), білий холодний, білий теплий) освітлення на паростки капусти. Найвищі концентрації хлорофілів, β-каротину, лютеїну, неоксантину та віолаксантину помічено у сім'ядолях за використання світлодіодів ЧЗС. Формувалися сім'ядолі більшого розміру із найвищим вмістом аскорбінової кислоти. Найбільший вміст білка та загальних тиоціанатів спостерігали у паростках за використання ламп розжарювання, після чого рослини вирощували під світлодіодним освітленням ЧЗС. Близькі за вмістом пігментів результати отримано при застосуванні холодних і теплих білих світлодіодів та флуоресцентного світла. Холодний і теплий світлодіоди найбільш енергозберігаючі, але під їх впливом не формувалися паростки найкращої якості. Застосування звичайних ламп розжарювання призвело до найнижчого врожаю, а також до формування найменшої кількості хлорофілів, β-каротину, лютеїну та неоксантину у свіжій масі сім'ядолей. З усіх джерел світла, які використовували у дослідженнях, саме світлодіодне світло ЧЗС дало змогу отримати рослини з найбільшим вмістом більшості досліджуваних сполук.

У своїх дослідженнях Ю. Ванг та ін. (J. Wang et al., 2021) [17] протягом 4 тижнів освітлювали сіянці капусти броколі різними світлодіодами – білим, червоним, синім та поєднанням 75% червоного + 25% синього (200 mmol·m⁻²·s⁻¹). Вивчали вплив світлодіодного світла на біосинтез

глюкозинолатів (GSLs) та сульфорафану. Результати показали, що саме червоне світло сприяє біосинтезу та накопиченню сульфорафану у проростках капусти броколі.

Вплив якості світла на листовій зелені китайської капусти (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) досліджували Т. К. Барікман та ін. (Т. С. Barickman et al., 2020) [1]. Китайську капусту «Green Lance» вирощували за впливу: (1) флуоресцентного освітлення/ламп розжарювання; (2) 10% синього (447±5 нм)/90% червоного (627±5 нм) світлодіодів; (3) 20% синього/80% червоного світлодіодного освітлення; та (4) 40% синього 60% червоного світлодіодного світла як єдиного джерела освітлення за двох різних режимів удобрення. Було досліджено, як нові співвідношення світлодіодного освітлення та різні режими удобрення впливають на концентрацію мінеральних поживних речовин у тканинах кореня та проростках китайської капусти. Усі рослини збирали через 30 днів після посіву, зелень і тканини кореня, при цьому, аналізували на вміст мінеральних поживних речовин. Результати показали, що світлодіодне освітлення – єдине джерело, яке використовується у виробництві, що може вплинути на мінеральні поживні властивості молоді листової зелені, популярної зараз на ринку. Таким чином, співвідношенням світла можна регулювати засвоєння мінеральних поживних речовин.

У роботі Д. Хе та ін. (J. He et al., 2019) [4] вказано, що для забезпечення доброго росту рослин важливе значення має синє світло, додавання відповідної кількості якого до червоного світла призводить до різкого впливу на морфологічну та анатомічну структуру, структуру хлоропластів та фотосинтетичні показники. Автори використовували різні співвідношення червоних-синіх світлодіодів (RB-LED), впливаючи на листові овочі, зокрема, на китайську броколі (*Brassica alboglabra*): 1) 100:0 (0B); 2) 92:8 (8B); 3) 84:16 (16B) і, 4) 76:24 (24B) при однаковій фотосинтетичній щільності потоку фотонів 210 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ за 12-год. фотоперіоду. Брало до уваги характеристики листків, продуктивність пагонів і коренів та фотосинтетичний газообмін рослин, вирощених під різними комбінаціями RB-світлодіодів.

За результатами, китайська броколі у варіанті з червоним (R):синім (B) світлодіодним співвідношенням 84:16 (16B) мала найвищу швидкість засвоєння фотосинтетичного CO_2 . За цього співвідношення кількість листків зростала, більшою була їх площа та продуктивність паростків. Результати остаточно підтвердили, що найвища продуктивність китайської броколі, вирощеної за 16B, тісно пов'язана з найвищими показниками фотосинтезу на основі площі листків.

Незважаючи на те, що оптимальне співвідношення R:B світлодіодів залежить від виду, в цілому оптимальне поєднання RB-LED є більш ефективним, ніж R-LED або B-LED окремо, для посилення фотосинтезу, а отже, і продуктивності. Вплив зелених світлодіодів (G-LED) на фотосинтетичні показники та продуктивність залежить не тільки від виду рослин, але також від

його довжини хвилі, інтенсивності та поєднання G-LED з іншими спектрами світлодіодів. Урожайність тісно пов'язана з фотосинтетичними показниками на основі площі листків, коли рослини максимально перехоплюють світло на одиницю площі листка. В іншому випадку, такі показники листків, як площа перехоплення світла та поглинання, є важливими факторами при визначенні фотосинтетичної здатності всієї рослини, яка пов'язана з продуктивністю [4].

Паростки капусти броколі багаті вторинними метаболітами, особливо глюкозинолатами. Їх синтез можна модифікувати світлом. А. Хуе та ін. (A. Xue et al., 2021) [18] у своїх дослідженнях використали метод екстракційної електророзпилювальної іонно-мас-спектрометрії (EESI-MS) для одночасного та швидкого виявлення вторинних метаболітів у паростках капусти броколі, особливо глюкозинолатів. Проводили аналіз екстрактів паростків броколі за різних способів освітлення. За допомогою EESI-MS за одну хвилину одночасно виявили дев'яносто сполук, включаючи сім глюкозинолатів, три фенольні кислоти, шість амінокислот і три органічні кислоти. Встановлено, що блакитне світло покращує накопичення вторинних метаболітів у паростках броколі. Найкращим виявилось співвідношення 5:5 між червоним та синім світлом. Базуючись на проведених дослідженнях, можна обрати відповідне світлодіодне освітлення для виробництва паростків капусти броколі з високим вмістом біоактивних компонентів.

Численними дослідженнями С. С. Нассарава та ін. (S. S. Nassarawa et al., 2021) [8] було доведено важливу роль світлодіодів у сільському господарстві. Світло різної довжини хвилі впливає на фізіологічні процеси, такі як фотосинтез і вторинний метаболізм. Крім того, використання світлодіодів визначає харчові властивості, регулює старіння, контролює швидкість дозрівання та поліпшення терміну зберігання, зменшує патогенне псування мікроорганізмами свіжої продукції (овочів та фруктів) при зберіганні. Світлодіодна обробка сприяє накопиченню різних фітохімічних речовин, таких як фенольні сполуки, вітаміни, глюкозинолати, хлорофіл, загальні розчинні тверді речовини та каротиноїди. Світлодіоди впливають на вміст поживних речовин та антоціану, антиоксидантну здатність та дозрівання. Вплив світлодіодного світла залежить від сортів особливостей.

Ф. М. Пінтос та ін. (F. M. Pintos et al., 2021) [13] досліджували вплив білого світлодіодного освітлення на продовження тривалості зберігання головок капусти броколі в холодильнику та вміст у них поживних речовин. Температура при цьому становила 5°C, відносна вологість повітря – 93%, інтенсивність світла – 9,5 $\text{Вт}/\text{м}^2$, фотоперіод – 3 год. на добу, період зберігання – до 22 днів. Порівняно зі зберіганням у контролі (темноті), застосування світла затримує зміни кольору головок та зберігає рівень пігменту хлорофілу. Світло не впливало на втрату ваги, інтенсивність дихання та вміст розчинних білків. Через 13 днів у броколі при зберіганні з використанням світла

фіксували на 40% більше цукру, ніж у контролі. На 13 і 22 день у броколі за впливу світла відмічали на 40% та 70% вищий вміст аскорбінової кислоти. Вміст атиоксидантів та каротиноїдів також був вищим.

Х. К. Сетиаван та ін. (С. К. Setiawan et al., 2017) [15] вивчали збереженість суцвіть капусти броколі під впливом опромінення. Капуста броколі (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) сорту "Ryokurei", після вирощування (105 днів від посадки), зберігали при кімнатній температурі (17°C) та вологості (> 90%) без опромінення та при опроміненні білим, червоним і синім світлодіодами. Інтенсивність світлодіодів – 100 mol m² s⁻¹. Спостереження проводили чотири дні. Далі суцвіття заморожували за допомогою рідкого азоту, і зберігали при температурі -80°C до використання. Встановлено, що червоне світлодіодне опромінення значно пригнічувало пожовтіння, впливало на зниження вмісту аскорбінової кислоти та хлорофілу в суцвіттях капусти броколі.

Вплив світлодіодного опромінення (червоного та синього) на збереженість суцвіть капусти броколі та вміст в них аскорбату (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) після збору врожаю досліджували Г. Ма та ін. (G. Ma et al., 2014) [7]. Результати показали, що опромінення червоним світлодіодом ефективно затримує старіння суцвіть (зменшується пожовтіння). Освітлення синім світлодіодом істотно не впливало на процес старіння броколі. Зменшення кількості аскорбату після збору врожаю було пригнічено червоним світлодіодом. Авторами було розроблено модифіковане біле світло, в якому співвідношення синього світла було зменшено, а червоного – збільшено. Модифіковане біле світло ефективно затримувало зниження аскорбату в броколі на перший і другий день після збору врожаю.

Ряд авторів вивчали вплив опромінення різними світлодіодами на термін придатності та вміст фітонутрієнтів у капусти броколі (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). Броколі – важливе джерело фітонутрієнтів, які частково втрачаються під час зберігання продукції. Метою досліджень було оцінити загальний вплив п'яти різних світлодіодів низької інтенсивності на параметри якості суцвіть броколі при 20-денному зберіганні. Оцінювали рівень аскорбінової кислоти, хлорофілів, каротиноїдів, фенольних сполук та розчинних білків, а також збереження кольору. Зелений світлодіод збільшив вміст хлорофілу, аскорбінової кислоти, білків та покращив загальний вигляд. Червоні та жовті світлодіоди збільшили феноли та загальний вигляд суцвіть. Білі, червоні та жовті світлодіоди позитивно вплинули на окисно-відновний стан капусти броколі. Лише зелений світлодіод мав статистично значущий позитивний ефект при розгляді всіх аналізованих параметрів. Тому авторами запропоновано використання зеленого світлодіоду для продовження терміну придатності броколі при холодному зберіганні [6].

Мета статті полягає у розкритті впливу світлодіодних фітоламп на формування розсади капусти броколі у ранньо-весняний період.

Методика дослідження. Експериментальні дослідження по застосуванню світлодіодних фітоламп при вирощуванні розсади капусти броколі проводили у весняний період (березень – травень) 2020–2021 рр. Матеріалом для дослідження слугували один гібрид капусти броколі Монако F₁ компанії «Syngenta» (Нідерланди) та два сорти: Тонус від виробника «Насіння України» та Зелений Калабриз від «Golden Garden».

Досліди закладали на влаштованих стелажках. Світлодіодні фітолампи *LightMaster LB-660 A-60* встановлювали над рослинами на висоті 45 см і застосовували з появою перших сходів. Потужність ламп – 9 W, колір випромінювання і довжина хвиль: червоний – 650 нм, синій – 450 нм. Світлодіоди даної моделі генерують світловий потік у ретельно підібраній червоній і синій частині спектру, який сприяє протіканню реакцій фотосинтезу, характеризуються тривалим періодом безперервного використання протягом місяців та низьким споживанням електроенергії, порівняно з традиційними лампами розжарювання.

Закладали два варіанти досліду: контрольний варіант (природне освітлення – 24000 люксів) та додаткове до природного – світлодіодне – 2900 люксів. Повторність у дослідах – трикратна. Фотоперіод – 12 год. Різні варіанти досліду розмежовували світлонепроникними перегородками.

Насіння капусти броколі висівали у касети з розміром чарунок 5,2×5,2×6,5 см у I декаді квітня 2020 р. (Монако F₁) та в I декаді березня 2021 р. (Тонус і Зелений Калабриз). В теплиці підтримувалася температура повітря на рівні 15–17° С, рівень вологості коливався в межах 60–80%, вологість ґрунтосуміші становила 70–80% від НВ. Посів проводили на глибину 1 см. Використовували ґрунтосуміш «Поліський» (*Rich Land*) – спеціальна готова суміш для вирощування розсади на основі високоякісного верхнього, низинного і перехідного торфу, рН 5,5–6,5. Догляд за рослинами полягав у проведенні регулярного поливу та веденні контролю за температурою і вологістю повітря.

Під час досліджень проводили фенологічні спостереження та біометричні вимірювання молодих рослин згідно загальноприйнятих методик [19]. Обліки проводили на 20 рослинах усіх варіантів досліду. Фіксували дати появи сходів, формування сім'ядоль та справжніх листків. Перші виміри провели у фазі розкритих сім'ядольних листків (висота гіпокотила та площа листової поверхні). Всі наступні вимірювання – по мірі того, як сіянці вступали у чергову фазу вегетації. З часу формування двох справжніх листків до утворення чотирьох–пяти листків, вимірювали висоту стебла, довжину й ширину справжніх листків. У сформованій розсади вимірювали висоту і діаметр стебла, площу асиміляційної поверхні всієї рослини, визначали середнє значення сирової маси кореневої і надземної частин. Площу асиміляційної поверхні встановлювали лінійним методом, числові дані, одержані

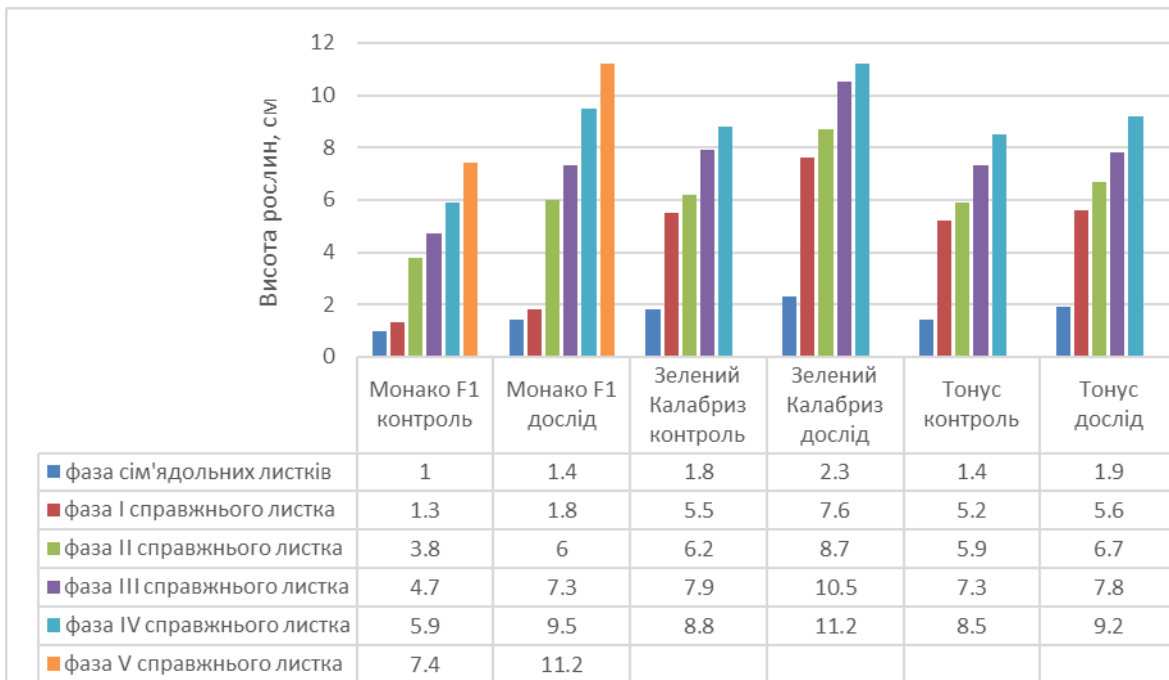


Рис. 1. Динаміка висоти стебла розсади капусти броколі, см

в результаті експериментальних досліджень, були опрацьовані статистично за загальноприйнятою методикою [21].

Основні результати дослідження. Проведені дослідження показали позитивний вплив досвічування фітолампами на молоді рослини капусти броколі, що сприяло зростанню деяких біометричних параметрів рослин (висота, площа асиміляційної поверхні).

Перші сходи були зафіксовані на 5-ий день після висіву насіння у гібриду Монако F₁ та на 6-ий день у сортів Тонус та Зелений Калабриз. Одразу після того, як з'явилися перші сходи, розпочали досвічування рослин. Масові сходи спостерігали через два дні у гібриду Монако F₁ та через чотири дні в дослідних сортах.

За ростом і розвитком сіянців переважали рослини варіанту з досвічуванням. Особливо помітною була різниця у сіянців гібриду Монако F₁, зокрема, на 6-ий день після сходів відмічали добре розгорнені сім'ядолі, 77% з них вступили у фазу початку формування I справжнього листка. У 64% сіянців контролю при цьому, фіксували фазу добре розвинених сім'ядоль. Надалі, починаючи із фази формування третьої пари листків, рослини контрольного і дослідного варіантів майже не відрізнялися за темпами розвитку справжніх листків, однак за кількісними показниками фіксували певні відміни. Так, в кінці розсадного періоду у 40% молодих рослин відмічали початок формування V справжнього листка. В той же час у варіанті з досвічуванням всі рослини мали добре розвинені п'ять листків.

На рисунку 1 подано динаміку висоти стебла рослин капусти броколі на різних фазах вегетації за природного освітлення та досвічування фітолампами.

У фазі розкритих сім'ядольних листків вимірювали висоту гіпокотіля. У гібриду Монако F₁ при досвічуванні цей показник переважав контроль на 33%, у сортів Зелений Калабриз та Тонус – на 22% і 26% (рис. 1).

Суттєве зростання висоти стебла у контролі та варіанті з досвічуванням спостерігали при формуванні у сіянців гібриду Монако F₁ II справжнього листка, різниця між варіантами становила 37% (рис. 2). У рослин сорту Зелений Калабриз і Тонус висота значно зростала при формуванні I листка, а різниця між варіантами сягала 28 і 7% відповідно.



Рис. 2. Фаза розгорнених двох листків у рослин гібриду Монако F₁: ліворуч – рослини за природного освітлення, праворуч – при досвічуванні (23.04.2020 р.)

За висотою і надалі переважали молоді рослини гібриду та обох сортів за досвічуванням. Найбільш істотну різницю за цією ознакою відмічали у гібриду Монако F₁ (рис. 3). Так, при висаджуванні розсади гібриду Монако F₁, висота рослин сягала 11,2 см проти 7,4 см у варіанті

з контролем, що на 34% більше. У сформованій розсади сортів Зелений Калабриз і Тонус приріст стебла за досвічування зростав на 21 і 8% (рис. 1). Слід відмітити високу вимогливість до освітлення протягом всього періоду формування розсади капусти броколі.



Рис. 3. Фаза розгорнутих трьох справжніх листків у Монако F₁: ліворуч – рослини за природного освітлення, праворуч – при досвічуванні (29.04.2020 р.)

Важливим показником якісної розсади є площа асиміляційної поверхні листків рослин (рис. 4).

Згідно результатів, найбільшу площу сім'ядольних листків спостерігали у гібриду

Монако F₁. За цим показником вирізнялися сіянці за досвічування фітолампами (3,9 см²) порівняно з контролем (2,6 см²). Таким чином, відмінності проявилися уже на ранніх етапах розвитку розсади. Так, середня площа асиміляційного апарату у Монако F₁ була в 3,7 рази більша в період формування другого листка, у сіянців двох інших сортів – при формуванні другої пари справжніх листків (рис. 4).

У сорту Зелений Калабриз у фазі першого листка площа асиміляційної поверхні сягала 3,1 см² у варіанті з досвічуванням і значно переважала над контролем – на 61%, а в рослин сорту Тонус за цим показником різниця була значно меншою – 14%. Рослини гібриду Монако F₁ за площею першого листка різнилися на 13%.

У фазі двох справжніх листків площа асиміляційної поверхні однієї рослини Монако F₁ у досліді перевищувала контрольні зразки на 14%, а при вступанні рослин у наступні фази вегетації – на 33, 31 та 29% відповідно. Сумарна площа листкової поверхні у молодих рослин Тонусу переважала за досвічування на 17% у фазі двох листків, а при настанні наступних фаз розвитку – на 10 і 18%. У той же час, варіант із досвічуванням рослин Зеленого Калабриз, відповідно, переважав над контролем на 19, 12 та 11% (рис. 4, 5).

Крім того, молоді рослини капусти броколі при досвічуванні були більш вирівняні за висотою, мали міцне стебло, більшу масу кореневої і надземної частин. Спостерігали також збільшення довжини коренів у розсади, яка досвічувалася. Так, діаметр стебла всіх рослин при досвічуванні дорівнював 0,3 см, а у 20% рослин контрольного

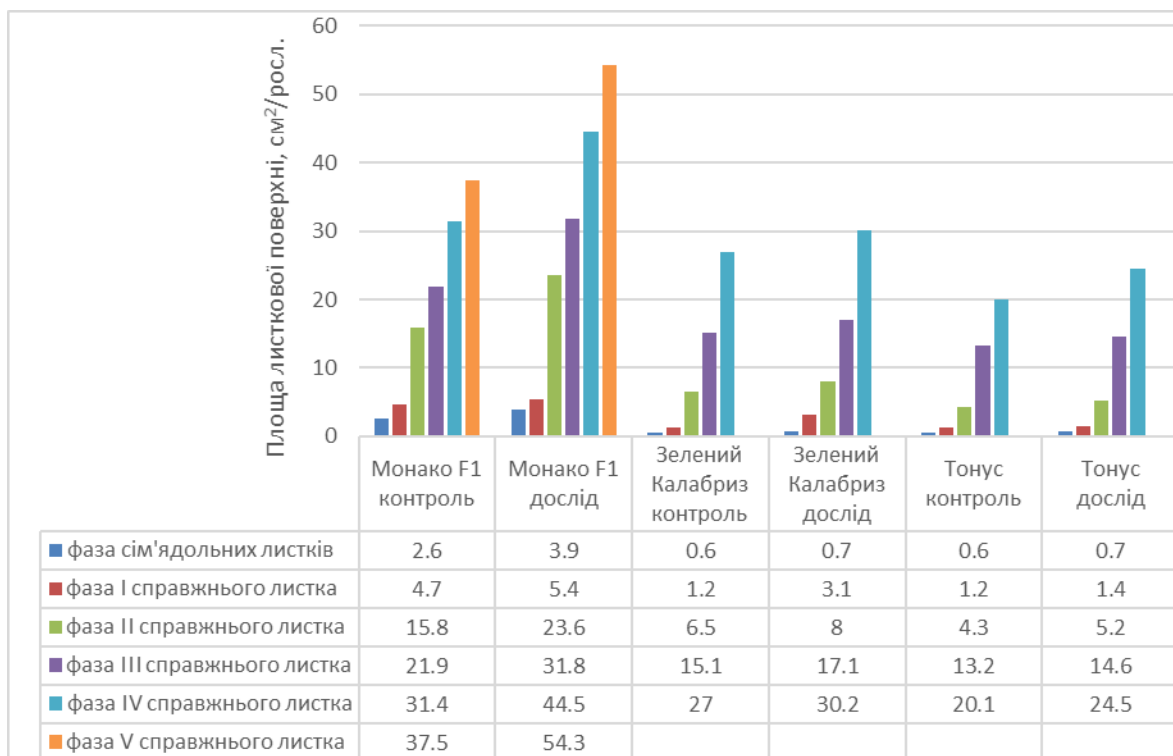


Рис. 4. Динаміка площі листкової поверхні розсади капусти броколі

варіанту фіксували діаметр стебла 0,2 см. Діаметр розетки листків дослідного варіанту зростав на 26% проти контролю і в середньому становив 13,1 см. Надземна маса рослин Монако F₁ у варіанті з контролем становила 2,07 г, коренева частина – 1,38 г, з досвічуванням, відповідно, 3,45 г та 1,32 г (рис. 6).



Рис. 5. Фаза розгорнутих трьох листків у рослин сорту Зелений Калабріз: праворуч – рослини при досвічуванні, ліворуч – за природного освітлення (15.04.2021 р.)



Рис. 6. Сформована розсада капусти броколі гібриду Монако F₁ у віці 47 днів: К – за природного освітлення, Д – при досвічуванні (17.05.2020 р.)

Таким чином, рослини гібриду Монако F₁, сортів Зелений Калабріз та Тонус, які додатково досвічувалися, отримали весь необхідний спектр освітлення, який потрібний для забезпечення процесу фотосинтезу, доброго росту і розвитку рослин. Сформована касетна розсада капусти броколі за досвічування не була витягнутою у довжину, із хорошим забарвленням, міцними стеблами та добре розвиненою кореневою системою.

Висновки. Проведені дослідження свідчать про ефективність застосування світлодіодних фітоламп потужністю 9 W та з інтенсивністю освітлення 2900 лк у ранньо-весняний період при вирощуванні розсади капусти броколі. Протягом всього досліді у варіанті з досвічуванням спостерігали переваги рослин за темпами розвитку листків, більші висоту стебла та асиміля-

ційну площу. Крім того, у сформованій розсади при досвічуванні діаметр стебла та розетки листків перевищував контроль, зростала їх надземна маса. Таким чином, більш якісна розсада формувалася при досвічуванні рослин капусти броколі фітолампам.

Література

1. Barickman TC, Kopsell DA, Sams CE, Morrow RC. Sole-Source LED Lighting and Fertility Impact Shoot and Root Tissue Mineral Elements in Chinese Kale (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*). Horticulturae. 2020. 6(3). P. 40; <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030040>
2. Bian ZH, Yang QC, Liu WK. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. J Sci Food Agric. 2015. 95. P. 869–877. DOI: 10.1002/jsfa.6789
3. Fiutak G, Michalczyk M. Effect of artificial light source on pigments, thiocyanates and ascorbic acid content in kale sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *Sabellica* L.) Food Chemistry. 2020. Vol. 330. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127189
4. He J, Qin L, Chow WS. Impacts of LED spectral quality on leafy vegetables: Productivity closely linked to photosynthetic performance or associated with leaf traits? Int J Agric & Biol Eng. 2019. 12(6). P. 16–25. DOI:10.25165/ijabe.20191206.5178
5. Kobayashi K, Amore T, Lázaro M. Light-Emitting Diodes (LEDs) for Miniature Hydroponic Lettuce. Optics and Photonics Journal. 2013. 3. P. 74–77. <http://dx.doi.org/10.4236/opj.2013.31012>
6. Loi M, Liuzzi VC, Fanelli F, De Leonardis S, Creanza TM, Ancona N, Paciolla C, Mulè G. Effect of different light-emitting diode (LED) irradiation on the shelf life and phytonutrient content of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*). Food Chemistry. 2019. 283. P. 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.021>
7. Ma G, Zhang L, Setiawan CK, Yamawaki K, Asai T, Nishikawa F, Maezawa S, Sato H, Kanemitsu N, Kato M. Effect of red and blue LED light irradiation on ascorbate content and expression of genes related to ascorbate metabolism in postharvest broccoli. Postharvest Biology and Technology. 2014. 94. P. 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.03.010>
8. Nassarawa SS, Abdelshafy AM, Xu Y, Li L, Luo Z. Effect of Light-Emitting Diodes (LEDs) on the Quality of Fruits and Vegetables During Postharvest Period: a Review. Food and bioprocess technology. 2021. 14(3). P. 388–414. DOI:10.1007/s11947-020-02534-6
9. Naznin T, Lefsrud M, Gravel V, Hao X. Different ratios of red and blue LED light effects on coriander productivity and antioxidant properties. Acta Hort. Proc. VIII Int. Symp. on Light in Horticulture. 2016. P. 223–229. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1134.30
10. Olle M, Alsida I. Influence of wavelength of light on growth, yield and nutritional quality of greenhouse vegetables. Proceedings of the Latvian

academy of sciences. Section B. 2019. 73(1). P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0001>

11. Ouzounis T, Rosenqvist E, Ottosen C-O. Spectral Effects of Artificial Light on Plant Physiology and Secondary Metabolism: A Review. *HortScience*. 2015. 50(8). P. 1128–1135. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.8.1128>

12. Paradiso R, Proietti S. Light-Quality Manipulation to Control Plant Growth and Photomorphogenesis in Greenhouse Horticulture: The State of the Art and the Opportunities of Modern LED Systems. *J Plant Growth Regul*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>

13. Pintos FM, Hasperué JH, Ixtaina P, Vicente AR, Lemoine ML, Rodoni LM. Short light exposure preserves broccoli head quality and nutrients during refrigerated storage. 2021. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15801>

14. Promratrak L. The effect of using LED lighting in the growth of crops hydroponics. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*. 2017. 6(2). P. 133–140. DOI: [10.12720/sgce.6.2.133-140](https://doi.org/10.12720/sgce.6.2.133-140)

15. Setiawan CK, Supriyadi, Santoso U, Ma G, Kato M. "Effect of Light-Emitting Diode (Led) Light on the Gene Expression Related With Ascorbate Biosynthesis and Metabolism in Broccoli Florets" in 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, *KnE Life Sciences*. 2017. P. 529–541. DOI: [10.18502/ks.v2i6.1073](https://doi.org/10.18502/ks.v2i6.1073)

16. Sydiakina O, Sahno I. Current status and prospects of broccoli growing. *Scientific Horizons*. 2020. 02 (87). P. 102–110. DOI: [10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110](https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110)

17. Wang J, Mao S, Wu Q, Yuan Y, Liang M, Wang S, Huang K, Wu Q. Effects of LED illumination spectra on glucosinolate and sulforaphane accumulation in broccoli seedlings. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 356. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129550>

18. Xue A, Liang W, Wen S, Gao Y, Huang X, Tong Y, Hao Y, Luo L. Metabolomic analysis based on EESI-MS indicate blue LED light promotes aliphatic-glucosinolates biosynthesis in broccoli sprouts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. 97. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103777>

19. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. (за ред.). *Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві, 3-тє вид.* Харків: Основа, 2001. 369 с.

20. Дидів О., Дидів І., Дидів А. Комерційна культура броколі. *Овощеводство*, 2018. 3 (155). С. 26–32.

21. Єщенко, В. О., Копитко, П. Г., Костогриз, П. В., Опришко, В. П. *Основи наукових досліджень в агрономії.* Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

References

1. Ouzounis T, Rosenqvist E, Ottosen C-O (2015) Spectral Effects of Artificial Light on Plant Physiology and Secondary Metabolism: A Review. *HortScience* 50(8):1128–1135. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.8.1128>

2. Olle M, Alsida I (2019) Influence of wavelength of light on growth, yield and nutritional

quality of greenhouse vegetables. *Proceedings of the latvian academy of sciences. Section B* 73(1):1–9. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0001>

3. Promratrak L (2017) The effect of using LED lighting in the growth of crops hydroponics. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy* 6(2):133–140. DOI: [10.12720/sgce.6.2.133-140](https://doi.org/10.12720/sgce.6.2.133-140)

4. Bian ZH, Yang QC, Liu WK (2015) Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. *J Sci Food Agric* 95:869–877. DOI: [10.1002/jsfa.6789](https://doi.org/10.1002/jsfa.6789)

5. Naznin T, Lefsrud M, Gravel V, Hao X (2016) Different ratios of red and blue LED light effects on coriander productivity and antioxidant properties. *Acta Hort. Proc. VIII Int. Symp. on Light in Horticulture* 223–229. DOI: [10.17660/ActaHortic.2016.1134.30](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.30)

6. Kobayashi K, Amore T, Lazaro M (2013) Light-Emitting Diodes (LEDs) for Miniature Hydroponic Lettuce. *Optics and Photonics Journal*. 3:74–77. <http://dx.doi.org/10.4236/opj.2013.31012>

7. Paradiso R, Proietti S (2021) Light-Quality Manipulation to Control Plant Growth and Photomorphogenesis in Greenhouse Horticulture: The State of the Art and the Opportunities of Modern LED Systems. *J Plant Growth Regul* <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>

8. Sydiakina O, Sahno I (2020) Current status and prospects of broccoli growing. *Scientific Horizons*, 02 (87), 102–110. DOI: [10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110](https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110)

9. Fiutak G, Michalczyk M (2020) Effect of artificial light source on pigments, thiocyanates and ascorbic acid content in kale sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *Sabellica* L.) *Food Chemistry*, 330:127189. DOI: [10.1016/j.foodchem.2020.127189](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127189)

10. Wang J, Mao S, Wu Q, Yuan Y, Liang M, Wang S, Huang K, Wu Q (2021) Effects of LED illumination spectra on glucosinolate and sulforaphane accumulation in broccoli seedlings. *Food Chemistry*, Vol 356. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129550>

11. Barickman TC, Kopsell DA, Sams CE, Morrow RC (2020) Sole-Source LED Lighting and Fertility Impact Shoot and Root Tissue Mineral Elements in Chinese Kale (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*). *Horticulturae*, 6(3), 40; <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030040>

12. He J, Qin L, Chow WS (2019) Impacts of LED spectral quality on leafy vegetables: Productivity closely linked to photosynthetic performance or associated with leaf traits? *Int J Agric & Biol Eng*, 12(6):16–25. DOI: [10.25165/ijabe.20191206.5178](https://doi.org/10.25165/ijabe.20191206.5178)

13. Xue A, Liang W, Wen S, Gao Y, Huang X, Tong Y, Hao Y, Luo L (2021) Metabolomic analysis based on EESI-MS indicate blue LED light promotes aliphatic-glucosinolates biosynthesis in broccoli sprouts. *Journal of Food Composition and Analysis* 97:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103777>

14. Nassarawa SS, Abdelshafy AM, Xu Y, Li L, Luo Z (2021) Effect of Light-Emitting Diodes (LEDs)

on the Quality of Fruits and Vegetables During Postharvest Period: a Review. *Food and bioprocess technology*, 14(3):388–414. DOI:10.1007/s11947-020-02534-6

15. Pintos FM, Hasperué JH, Ixtaina P, Vicente AR, Lemoine ML, Rodoni LM (2021) Short light exposure preserves broccoli head quality and nutrients during refrigerated storage <https://doi.org/10.1111/jfpp.15801>

16. Setiawan CK, Supriyadi, Santoso U, Ma G, Kato M (2017) "Effect of Light-Emitting Diode (Led) Light on the Gene Expression Related With Ascorbate Biosynthesis and Metabolism in Broccoli Florets" in 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, *KnE Life Sciences*, pages 529–541. DOI:10.18502/kls.v2i6.1073

17. Ma G, Zhang L, Setiawan CK, Yamawaki K, Asai T, Nishikawa F, Maezawa S, Sato H, Kanemitsu N, Kato M (2014) Effect of red and blue LED light irradiation on ascorbate content and expression of genes related to ascorbate metabolism in postharvest broccoli. *Postharvest Biology and*

Technology, 94:97–103. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.03.010>

18. Loi M, Liuzzi VC, Fanelli F, De Leonardis S, Creanza TM, Ancona N, Paciolla C, Mulè G (2019) Effect of different light-emitting diode (LED) irradiation on the shelf life and phytonutrient content of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*). *Food Chemistry*, 283:206–214. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.021>

19. Bondarenko H.L., Yakovenko K.I. (za red.) (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of experimental work in vegetable and melon]. Kharkiv: Osnova, 369 s. [in Ukrainian].

20. Dydiv O., Dydiv I., Dydiv A. (2018). *Komertsiina kultura brokoli* [Commercial culture of broccoli]. Kyiv: Ovoshchevodstvo, 2018, 3 (155), 26–32. [in Ukrainian].

21. Ieshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V. & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia: PP «TD «Edelweis i K», 332 s. [in Ukrainian].

**О. В. Сергієнко,**

доктор сільськогосподарських наук
за спеціальністю – селекція і насінництво,
старший науковий співробітник, учений секретар
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
(сел. Селекційне, Україна)
E-mail: oksana.sergienko71@ukr.net

**З. П. Ліннік,**

молодший науковий співробітник лабораторії селекції
пасльонових і гарбузових культур
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
(сел. Селекційне, Україна)
E-mail: linnik.zp@gmail.com

РІВЕНЬ КОРЕЛЯЦІЙ МІЖ СЕЛЕКЦІЙНИМИ ОЗНАКАМИ У КОЛЕКЦІЙНИХ ГЕНОТИПІВ F_1 КАВУНА

Метою дослідження було встановлення взаємозв'язків між основними цінними селекційними ознаками: тривалістю вегетаційного періоду, продуктивними показниками, стійкістю до хвороб та якістю продукції, для подальшого обрання стратегії селекційного поліпшення генотипів. Аналізували 17 колекційних зразків F_1 кавуна за використання загальнонаукових, вимірювально-вагових, хімічних та статистичних методів. Проведено вивчення принципів формування кореляційних плеяд у колекційних гібридів F_1 кавуна за трьома роками досліджень (2018–2020 рр.). Встановлено, що ознаки складових вегетаційного періоду, зазвичай, формують окремі скупчення-групи з невеликими винятками залежності від умов року. Ознаки стійкості до хвороб розташовуються відокремлено від інших зі слабким зв'язком щодо ознак утворення стебла – зав'язування плодів, сходи – утворення стебла та середня маса товарного плоду генотипів F_1 , із сильним взаємозв'язком одна із одною впродовж усіх років досліджень. Ознака вмісту сухої розчинної речовини також розташовується відокремлено від інших зі слабким зв'язком щодо ознак загальної урожайності та товарна продуктивність у генотипів F_1 відповідно за роками досліджень. Слід відмітити дрейфування ознаки товарність із плеяди складових вегетаційного періоду (2018 р.) до плеяди урожайності колекційних генотипів F_1 у 2019 та 2020 рр. У той же час стійкість до хвороб знаходиться відокремлено за усіма роками досліджень, як і вміст сухої розчинної речовини у плодах. Добір батьківських пар для гібридизації за селекції кавуна є одним із найважливіших і, водночас, найскладнішим етапом селекції. Вивчення кореляцій дозволяє встановити цінні зв'язки, а також прогнозувати ефективність доборів в окремих комбінаціях за ознакою, що досліджується.

Ключові слова: кавун, селекція, колекція, зразок, гібрид F_1 , селекційна ознака, взаємозв'язок, кореляційна плеяда.

O. V. Serhienko,

Doctor of Agricultural Sciences, Specialty – Selection and Seed Production,
Senior Researcher, Academic Secretary

Institute of Vegetable and Melon Growing of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (Selektsiyne, Ukraine)

Z. P. Linnik,

Junior Researcher at the Laboratory of Selection of Nightshade and Pumpkin Crops

Institute of Vegetable and Melon Growing of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (Selektsiyne, Ukraine)

LEVEL OF CORRELATIONS BETWEEN BREEDING CHARACTERS IN COLLECTION F_1 GENOTYPES OF WATERMELON

The aim of the study. To establish the relationship between the main valuable selection traits (duration of the growing season, productive indicators, resistance to diseases and product quality) for the further selection of a strategy for selection improvement of genotypes. The object of research is 17 collection F_1 genotypes of watermelon. Methods. General scientific, measuring and weighing, calculating, chemical, statistical. The results. The principles of the formation of correlation pleads in collectible F_1 watermelon hybrids were studied over three years of research (2018–2020). It was established that the signs of the components of the growing season usually form clusters, groups with minor exceptions depending on the conditions of the year. In the same way, the signs of yield components form a separate cluster-group with small exceptions depending on the conditions of the year. Disease resistance traits are located separately from others with a weak relationship to the traits – stem formation – fruit set, seedling – stem formation and average marketable fruit weight in F_1 genotypes with a strong relationship with each other throughout all the years of research. The trait dry soluble matter content is also located separately from the others with a weak relationship to the traits – and to the traits – total yield and marketable productivity in F_1 genotypes according to the years of research. It should be noted the drift of the marketability trait from the galaxy of components of the growing season (2018) to the galaxy of productivity in 2019 and 2020 in F_1 collection genotypes. At the same time, resistance to diseases is separated by all years of research, as well as the content of dry soluble matter in fruits. Conclusions. According to the research results, the level of manifestation of relationships between breeding traits, their grouping by groups, and the level of dependence of the direction of their manifestation on cultivation conditions have been established, which will allow more effective development of a strategy for selective improvement of collectible varieties of watermelon for further creation of initial forms for heterosis selection. The selection of parent pairs for hybridization during watermelon selection is one of the most important and, at the same time, the most difficult moment in selection. The study of correlations makes it possible to establish valuable relationships, as well as to predict the effectiveness of selections in individual combinations based on the trait under investigation.

Key words: watermelon, breeding, collection, sample, F_1 hybrid, breeding trait, relationship, correlation galaxy.

Постановка проблеми. Кавун є цінною баштанною культурою родини гарбузових. Вирощування кавунів вважається економічно ризикованим видом діяльності, через низькі ринкові ціни на звичайні диплоїдні та насінневі плоди. В Україні вирощується близько 400 тис. тон кавунів, 38 % з них – у Херсонській області. За даними УКАБ в останні п'ять років посівні площі під кавунами скоротилися на 10 % і в 2020 р. становили 46,5 тис. га [1]. Для створення нових генотипів кавунів важливо дослідити генетичну мінливість виду з кінцевою метою отримання конкурентоздатних гібридів. Ця стратегія широко використовується і для інших овочевих й баштанних культур [2, 3].

Важливим чинником досягнення високих урожаїв є створення та впровадження у виробництво нових високопродуктивних сортів і гібридів, що характеризуються високою якістю плодів, стійкістю до біотичних та абіотичних чинників. Вирощування стійких сортів і гібридів – екологічно безпечний спосіб, при якому не відбувається забруднення навколишнього середовища та продукту залишковою кількістю пестицидів. Тому виявлення нових джерел цінних селекційних ознак і рівня взаємозв'язків між ними є важливим напрямком досліджень баштанних культур. Це дозволяє вирішити проблему отримання конкурентоспроможних сортів і гібридів із заданими параметрами [4, 5].

Аналіз останніх досліджень. Значна кількість сортів та гібридів кавуна породжує необхідність добору кращих зразків для вирощування в умовах конкретних територій. Для забезпечення населення свіжою продукцією та подовження терміну споживання необхідно створення нових генотипів різних термінів дозрівання, які б відповідали запитам сільськогосподарського виробництва та сучасної ринкової економіки. Важливим напрямком цієї роботи є отримання ранньостиглих генотипів із дружиним дозріванням плодів і пізньостиглих сортів із тривалим періодом зберігання. Внаслідок глобального потепління клімату, виникла потреба створення жаростійких генотипів, стійких до атмосферної посухи. Визначальним чинником отримання високих і стабільних урожаїв баштанних культур є отримання та впровадження у виробництво нових високопродуктивних гібридів, потенціал яких має поєднувати в одному генотипі комплекс цінних господарських ознак. Саме гібриди F_1 вирізняються швидкістю та вищою врожайністю, стійкістю до несприятливих чинників середовища та однорідністю продукції. Їх цінною властивістю є – висока пристосованість до мінливого і не завжди сприятливого середовища. В екстремальних умовах вирощування (за різких перепадів температури повітря або літньої спеки) гібриди F_1 розвиваються значно краще, ніж звичайні сорти. Високий рівень адаптації до несприятливих чинників сприяє одержанню стабільно високих урожаїв. Щоб ефективно використовувати генотип, необхідно мати інформацію про його продуктивність, адаптивність і стабільність у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [5, 6].

У першому гібридному поколінні (F_1) кавуна шляхом добору вихідних батьківських ліній частково вдається долати негативні кореляційні зв'язки, зокрема, між продуктивністю та швидкістю дозрівання. Поєднання цих двох господарсько-цінних ознак в одному генотипі – одне з найважливіших досягнень гетерозисної селекції. Добір батьківських пар для гібридизації в селекції кавуна є одним із найважливіших і, водночас, найскладніших етапів селекції. Вивчення кореляцій дозволяє встановити цінні зв'язки, а також прогнозувати ефективність доборів в окремих комбінаціях за ознакою, що досліджується [7]. Шляхом добору цінних генетичних джерел та поєднанням ознак за аналізом взаємозв'язків можна успішно вести селекцію на покращення господарсько-цінних показників гібридів F_1 кавуна. Суттєве значення для компетентного планування селекційного процесу має саме ретельне вивчення кореляцій між кількісними ознаками. Для об'єктивного сприйняття виявлених взаємозалежностей в наших дослідженнях був використаний метод в основі якого лежить закономірність, відповідно

до якої ознаки пов'язані одна з одною не хаотично, а утворюють скупчення, групи. Ознаки, що входять в одну групу, помітно сильніше пов'язані одна з одною, ніж з ознаками інших груп [8–10].

Окремі закономірності зміни системи взаємозв'язків 15–20 років тому, коли ці дослідження тільки починалися, відмінності у кореляціях найчастіше розглядали як випадкове явище. Нині можна вважати доведеним, що зміни кореляцій між ознаками – такий самий реальний факт, як зміни значень самих досліджуваних ознак. Перебудови біологічних систем під безпосереднім впливом факторів середовища або в історичному розвитку не обмежуються змінами складових їх елементів, але відображаються і взаємозв'язки між ними. Такі зміни знайдено у рослин не тільки в мінливості морфологічних ознак, але й за характеристиками анатомічної будови, біохімічними показниками [9]. Загальна концепція цілісності живих систем набула конкретного розвитку дослідженнях кореляцій між морфологічними ознаками в індивідуальній мінливості – кореляційній плеяди, концепція морфологічної інтеграції [10]. Розвиток математичного апарату та комп'ютерної техніки призвів до широкого поширення аналізу взаємозв'язків і, як наслідок – до необхідності дослідження рівня їх стабільності. Виявлення та кількісна оцінка відмінностей між кореляціями у різних видів мінливості (індивідуальної та міжгрупової; фено- та генотипної), а також у об'єктів різного ступеня спорідненості, в різних умовах середовища має важливе значення для еволюційної теорії, і популярно-екологічних досліджень. Саме в цьому напрямку спрямовано дослідження, зокрема визначення ступеня прояву кореляцій між асоціацією ознак, що визначають складові вегетаційного періоду, структуру врожайності, стійкість до біотичних та абіотичних чинників, елементи хімічного складу плодів і подальшого використання цих знань для поліпшення стратегії ведення селекції кавуна.

Мета досліджень. Встановити взаємозв'язок між основними цінними селекційними ознаками (складовими вегетаційного періоду, продуктивними показниками, стійкістю до біотичних чинників та якості продукції) у колекційних генотипів F_1 кавуна для подальшого обрання стратегії селекційного поліпшення генотипів.

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проведено на дослідних полях наукової селекційної сівозміни Інституту овочівництва і баштанництва НААН в 2018–2020 рр., розташованому у Лівобережному Лісостепу України в центральному середньозволоженому районі Харківської області. Клімат зони проведення досліджень – помірно-континентальним. Досліди закладались в умовах відкритого ґрунту на природному інфекційному фоні. Предметом досліджень слугували 17 колекційних генотипів F_1 кавуна різного еколого-географічного походження, що розмішували в колекційному розсаднику. За стандарт використовували гібрид кавуна Казка F_1 (ІОБ НААН). Облікова площа ділянки становила 19,6 м². Зразки оцінювали за 19 селекційними ознаками. Дослідження проводили у відповідності із загальноприйнятими методиками [5, 6, 11, 12]. Статистичний аналіз оброблення результатів досліджень виконували за використання кореляційно-регресійних методів за методиками, описаними [10, 13, 14]. Математичний аналіз одержаних результатів досліджень проводили за допомогою програми *Statistica 6.0*. Догляд за посівами та технології вирощування кавуна відповідали загальноприйнятим технологіям для ґрунтово-кліматичної зони проведення досліджень [15].

Основні результати досліджень. Дослідженнями було встановлено кореляційні взаємозв'язки між 19 ознаками колекційних зразків кавуна. У відповідності до завдань досліджень проведено аналіз вивчення формування кореляційних плеяд за 19 ознаками 17 гібридів F_1 колекційного розсадника кавуна (рис. 1). Встановлено скупчення-групи з сильно пов'язаними ознаками колекційних генотипів F_1 кавуна за різних погодних умов вегетації та визначено тотожність кореляцій між ними та їх різне формування.

У результаті досліджень проведено аналіз формування кореляційних плеяд колекційних генотипів F₁ кавуна (рис. 1–6).

В 2018 році граф розподілювався на дві групи ознак, що утворили скупчення-групи: кореляційна плеяда взаємозалежності складових урожайності, стійкості до хвороб і вмісту сухої розчинної речовини колекційних генотипів F₁ кавуна та кореляційна плеяда взаємозалежності тривалості міжфазних періодів розвитку рослин (рис 1, 2).

До першої плеяди ознак входили складові урожайності, стійкості до хвороб та вмісту сухої розчинної речовини (рис. 1).

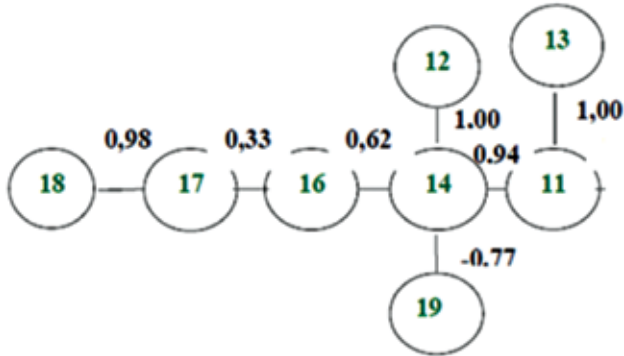


Рис. 1. Кореляційна плеяда взаємозалежності складових урожайності, стійкості до хвороб і вмісту сухої розчинної речовини колекційних генотипів F₁ кавуна, 2018 р.

Характеризуючи першу плеяду, слід відмітити сильну кореляцію між складовими урожайності – це загальна урожайність (11), товарна урожайність (12), загальна продуктивність (13), товарна продуктивність (14) та середньою масою товарного плоду (16).

Заслугує на увагу окреме знаходження від цієї сукупності ознак стійкості до хвороб, зокрема фузаріозу (17) та бактеріозу (18), між якими прослідковується сильна кореляція, а також вмісту сухої розчинної речовини (19) з сильною від'ємною кореляцією з товарною продуктивністю.

Другу плеяду у своєму складі згрупували ознаки тривалості вегетаційного періоду (1–10) (рис. 2).

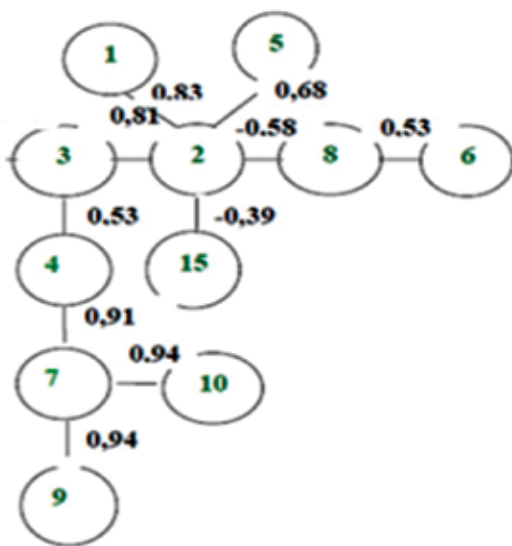


Рис. 2. Кореляційна плеяда взаємозалежності ознак складових вегетаційного періоду колекційних генотипів F₁ кавуна, 2018 р.

Характеризуючи цю сукупність ознак, ми спостерігаємо переважно сильні та середні прямі кореляції. Обернена кореляція ($r = -0,58$) відмічена лише між ознаками тривалості міжфазного періоду – сходивцвітіння жіночих квіток (2) та цвітіння жіночих квіток – зав'язування плодів (8).

У 2019 році спостерігалась дещо інша картина прояву кореляцій у колекційних генотипів F₁ кавуна. Всі кореляції розподілились на три групи (рис. 3–5).

Першу підгрупу плеяди склали ознаки складових урожайності: загальна урожайність (11), товарна урожайність (12), загальна продуктивність (13), товарна продуктивність (14), товарність (15) та середня маса товарного плоду (16) (рис. 3).

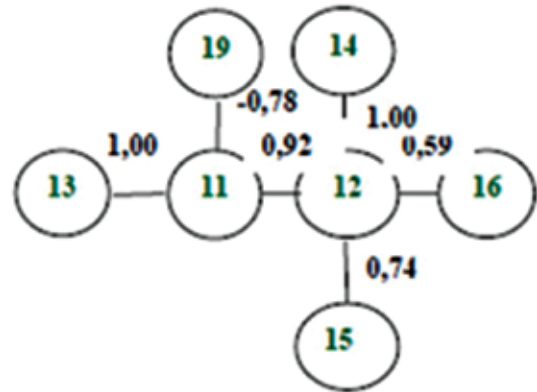


Рис. 3. Кореляційна плеяда взаємозалежності складових урожайності та вмісту сухої розчинної речовини колекційних генотипів F₁ кавуна, 2019 р.

Слід зазначити, що вміст сухої розчинної речовини має сильний від'ємний зв'язок ($-0,78$) з загальною урожайністю.

Другу підгрупу плеяди сформували чотири ознаки складових вегетаційного періоду: тривалість вегетаційного періоду (4), утворення стебла – достигання плодів (7), цвітіння жіночих квіток – достигання плодів (9) та зав'язування плодів – достигання (10), які в 2019 році на відміну від їх прояву у 2018 році відокремились від їх загальної сукупності (рис. 4).

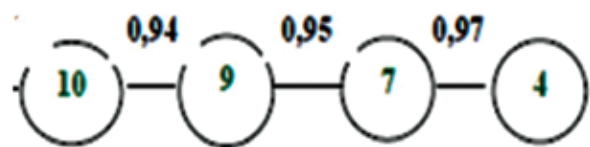


Рис. 4. Кореляційна плеяда взаємозалежності складових урожайності 2019 р.

Третя кореляційна плеяда сформована лише ознаками тривалості складових вегетаційного періоду (1–2, 5, 6 і 8). Слід відмітити відокремлення від третьої підгрупи ознаки стійкості до фузаріозного в'янення (17) та бактеріозу (18), що відповідає розподілу кореляцій за ознаками 2018 року (рис. 5).

До другої плеяди груп ознак увійшли ознаки складових вегетаційного періоду – міжфазних періодів розвитку рослин кавуна: сходивцвітіння жіночих квіток (2), сходивцвітіння жіночих квіток – зав'язування плодів (2), утворення стебла – цвітіння жіночих квіток (5), утворення стебла – зав'язування плодів (6), цвітіння жіночих квіток – зав'язування плодів (8). Як зазначалось, ознаки стійкості до хвороб розташову-

ються відокремлено від інших і характеризуються сильним зв'язком між ними та слабким зв'язком (-0,36) із ознакою (1) сходи – утворення стебла.

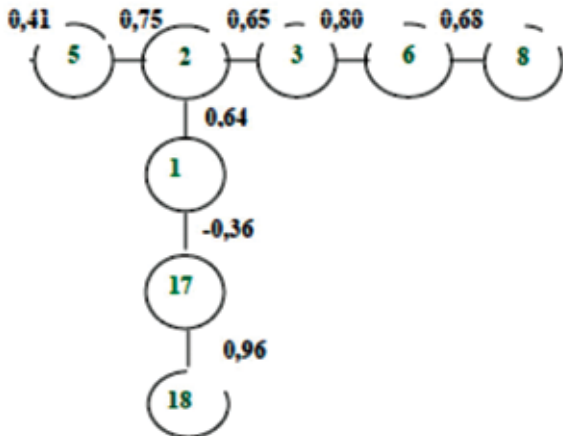


Рис. 5. Кореляційна плеяда взаємозалежності ознак складових вегетаційного періоду колекційних генотипів F₁ кавуна та вмісту сухої розчинної речовини 2019 р.

У 2020 році спостерігалась наступна картина кореляційних зв'язків між ознаками яка повністю висвітлена у графі кореляцій.

Цей граф сформований із трьох кореляційних плеяд (рис. 6–8).

Перша кореляційна плеяда сформована із більшості ознак і має у своєму складі деякі окремі ознаки складових вегетаційного періоду (1–6, 8) та відокремлених ознак стійкості до хвороб (17, 18) (рис. 6).

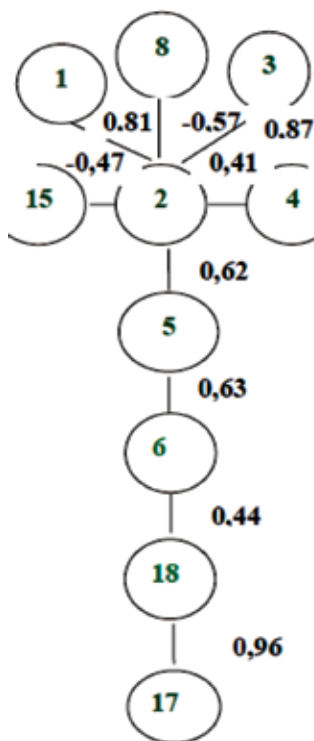


Рис. 6. Кореляційна плеяда взаємозалежності складових урожайності колекційних генотипів F₁ кавуна та стійкості до хвороб, 2020 р.

Друга плеяда сформована ознаками складових урожайності (11–16) та відокремленої ознаки вмісту сухої розчинної речовини (19) (рис. 7).

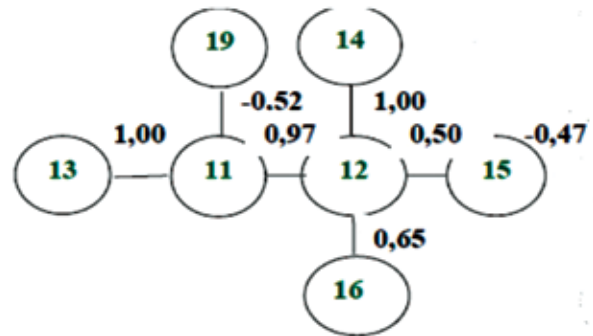


Рис. 7. Кореляційна плеяда взаємозалежності ознак складових урожайності колекційних генотипів F₁ кавуна та вмісту сухої розчинної речовини, 2020 р.

Слід відмітити дрейфування ознаки товарність із плеяди складових вегетаційного періоду (2018 р.) до плеяди урожайності у 2019–2020 рр. у колекційних генотипів F₁. У той же час стійкість до хвороб і вміст сухої розчинної речовини у плодах знаходиться відокремлено за усіма роками досліджень.

Третя плеяда сформована лише із чотирьох ознак складових вегетаційного періоду (4, 7, 9 і 10) (рис. 8).

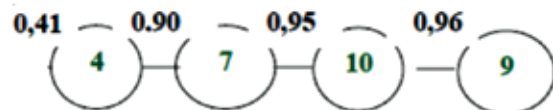


Рис. 8. Кореляційна плеяда взаємозалежності складових вегетаційного періоду колекційних генотипів F₁ кавуна, 2020р.

До третьої плеяди входили ознаки складових вегетаційного періоду: тривалість вегетаційного періоду (4), утворення стебла досягання плодів (7), цвітіння жіночих квіток – досягання плодів (9) і зав'язування плодів – досягання (10) з сильним зв'язком між собою, що погоджується з даними за попередні роки досліджень.

Висновки. За аналізу формування кореляційних плеяд між ознаками колекційних генотипів F₁ кавуна, зокрема, складових вегетаційного періоду, урожайності, стійкості та якості плодів за роками досліджень встановлено низку закономірностей. Ознаки складових вегетаційного періоду, зазвичай, формують скупчення-групи з невеликими винятками залежно від умов року.

Ознаки стійкості до хвороб розташовуються відокремлено від інших зі слабким зв'язком до ознак утворення стебла – зав'язування плодів, сходи – утворення стебла та середня маса товарного плоду у генотипів F₁ із сильним взаємозв'язком впродовж усіх років досліджень. Ознака вмісту сухої розчинної речовини також розташовується відокремлено від інших зі слабким зв'язком до ознак – загальна урожайність та товарна продуктивність відповідно за роками досліджень.

Встановлено рівень прояву взаємозв'язків між селекційними ознаками, гуртування їх за групами та встановлено рівень залежності напряду їх прояву від умов культивування, що дозволить ефективніше розробляти стратегію селекційного поліпшення колекційних генотипів F₁ кавуна для подальшого створення вихідних форм для гетерозисної селекції.

Література

1. Асоціація "Український клуб аграрного бізнесу" UKAB URL: <https://www.ucab.ua/ua>

2. Faria M. V. et al. Desempenho agrônomico e heterose genótipos de cebola. *Horticultura Brasileira*. 2012. Vol. 30, No. 2, P. 220–225.

3. Amaro G. B. et al. Desempenho agrônomico híbridos experimentais de abóbora Tetsuka but oparacaracteristic as dos frutos. *Horticultura Brasileira*. 2017. Vol. 35. N. 2. P. 180–185.

4. Zhou X. G., Everts K. L. Quantification of root and stem colonization of watermelon on by *Fusarium oxysporum* f. sp. Niveum and its use in evaluating resistance. *Phytopathology*. 2004. Vol. 94. P. 832–841.

5. Корнієнко С. І., Сергієнко О. В., Крутько Р. В. Методичні підходи добору та створення вихідного матеріалу у гетерозисній селекції кавуна: *монографія*. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. 106 с.

6. Emine B. & Necmettin C. Correlation and Path Coefficient Analyses of grain yield and yield components in two-rowed of barley (*Hordeum vulgare* convar. distichon) varieties. *Not. Sci. Biol.* 2012. Vol. 4 (2). P. 128–131.

7. Горова Т. К., Яковенко К. І. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур. Харків: Основа, 2001. 644 с.

8. Hesse K. O. The commercial potential of dwarf fruit trees. *California agriculture*. 1979. Vol. 6. P. 4–6.

9. Бююль А., Цёфель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. СПб.: Диа Софт ЮП, Мюнхен, 2005. 608 с.

10. Сергієнко О. В., Ліннік З. П. Рівень зв'язку між ознаками колекційних сортотразків кавуна. *Овочівництво і баштанництво*. Вінниця: Ніланд-ЛТД, 2022. Вип. 71. С. 16–24. DOI:10.32717/0131-0062-2022-71-16-24

11. Лимар А. О. Методика селекційного процесу та проведення польових дослідів з баштаними культурами: методичні рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2001. 132 с.

12. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Г. Л. Бондаренко, К. І. Яковенко. Харків: Основа, 2001. 361 с.

13. Горкава В. К., Ментей О. С., Ярова В. В. Аграрна статистика: *початковий посібник*. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2014. 280 с.

14. Pearson's correlation URL: <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/pearsons.pdf>.

15. Яковенко К. І. Сучасні технології в овочівництві. Харків. 2001. 127 с.

References

1. Asotsiatsiia "Ukrainskyi klub ahrarnohobiznesu" UKAB [Association Ukrainian Club of Agrarian Business: UKAB] URL: <https://www.ucab.ua/ua> [in Ukrainian].

2. Faria M. V. (2012). Agronomic performance and heterosis of onion genotypes. *Horticultura Brasileira* Vol. 30, No. 2, pp. 220–225.

3. Amaro, G. B. (2017). Agronomic performance of experimental Tetsukabuto squash hybrids for traits of the fruits. *Horticultura Brasileira* Vol. 35, No. 2, pp. 180–185.

4. Zhou, X. G., Everts, K. L. (2004). Quantification of Root and Stem Colonization of Watermelon by *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum and Its Use in Evaluating Resistance. *Phytopathology*. 94. pp. 832–841.

5. Korniienko S. I., Serhiienko O. V., Krutko R. V. (2016). Metodichni pidkhody doboru ta stvorennia vykhidnoho materialu kavuna u heterozysnii selektsii. [Methodical approaches to selection and creation of starting material of watermelon. in heterosis selection.] *Vinnytsia: TOV Tvory*. pp. 106. [in Ukrainian].

6. Emine B., Necmettin C. (2012). Correlation and path coefficient analyses of grain yield and yield components in two-rowed of barley (*Hordeum vulgare* convar. distichon) varieties. *Not Sci Biol.*, 4(2), pp. 128–131.

7. Horova T. K., Yakovenko K. I. (2001). Suchasni metody selektsii ovochevykh i bashtannykh kultur [Modern methods of selection of vegetable and melon crops]. Kharkiv: Osнова. pp. 644. [in Ukrainian].

8. Hesse K. O. (1979). The commercial potential of dwarf fruit trees. *California agriculture*. Vol. 6. pp. 4–6.

9. Buyul A., Zöfel P. (2005) SPSS: The Art of Information Processing. Analysis of statistical data and restoration of hidden patterns: Per. with him. St. Petersburg: DiaSoftUP.

10. Sergienko O. V., Linnik Z. P. (2022). Riven zviazku mizh oznakamy kolektsiinykh sortozrazkiv kavuna. [The level of connection between the traits of the collection varieties of watermelon] *Vegetable and melon growing*. Vinnytsia: Niland-LTD, Issue 71. pp. 16–24. DOI:10.32717/0131-0062-2022-71-16-24 [in Ukrainian].

11. Lyamar A. O. (2001). Metodyka selektsii nohoprotsesu ta provedennia polovykh doslidiv z bashtannymy kulturamy [Methodology of the breeding process and conducting field trials experiments with melon cultures]. 361 pp. [in Ukrainian].

12. Bondarenko G. L., Jakovenka, K. I. (2002). Metodyka doslidnoji spravy v ovochivnytvi i bashtannyctvi. [Methods of research in vegetable growing and melon growing] Kharkiv: Osнова. 361 p. [in Ukrainian].

13. Ghorkavyj V. K., Mentey O. S., Jarova V. V. (2014). Ahrarna statystyka: navchalnyj posibnyk. [Agrarian Statistics: teaching guide]. Kharkiv. V.V. Dokuchajeva. [in Ukrainian].

14. Pearson's correlation. URL: <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/pearsons.pdf>.

15. Yakovenko K. I. (2001). Suchasni tekhnolohii v ovochivnytstvi [Modern technologies in vegetable growing] Kharkiv. 127 p. [in Ukrainian]



О. В. Тригуб,
кандидат сільськогосподарських наук,
науковий співробітник,
старший науковий співробітник
Устимівська дослідна станція рослинництва
Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України
(с. Устимівка, Україна)
E-mail: udsr@ukr.net



В. В. Ляшенко,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри рослинництва
Полтавський державний аграрний університет
(м. Полтава, Україна)
E-mail: viktor.liashenko@pdaa.edu.ua



О. М. Куценко,
кандидат сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри рослинництва
Полтавський державний аграрний університет
(м. Полтава, Україна)
E-mail: oleksandr.kutsenko@pdaa.edu.ua



О. В. Бараболя,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри рослинництва
Полтавський державний аграрний університет
(м. Полтава, Україна)
E-mail: olga.barabolia@ukr.net



І. В. Короткова,
кандидат хімічних наук, доцент,
професор кафедри біотехнології та хімії
Полтавський державний аграрний університет
(м. Полтава, Україна)
E-mail: iryna.korotkova@pdaa.edu.ua



К. В. Ляшенко,
здобувач вищої освіти ступеня «Магістр»
Полтавський державний аграрний університет
(м. Полтава, Україна)
E-mail: viktor.liashenko@pdaa.edu.ua

АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ГОСПОДАРСЬКИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН ГРЕЧКИ В ЗОНІ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Стаття присвячена добору сортів гречки, що здатні забезпечити збільшення виробництва зернової продукції гречки в умовах південного Лісостепу України з урахуванням їх біологічних і технологічних показників. Дослідження виконано впродовж 2020–2021 років у польових і лабораторних умовах Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України. У дослідженні встановлено, що висота рослин різних сортів гречки варіювала від 103 до 147 см, за середнього значення по групі – 119 см. При цьому найбільший показник по групі був у 2021 році (124 см) внаслідок більш сприятливих погодних умов, а в сортів Володар (147 см) й Українка (147 см). Результати аналізу тривалості вегетаційного періоду показали, що всі сорти гречки реагували на покращення умов вирощування – збільшували тривалість періоду вегетації. При цьому, сорти індеремінатного типу формували цей показник на значно вищому рівні: сорт Українка – з 72 діб у несприятливому 2020 році, до 78 діб у більш сприятливому 2021 році; сорт Володар – із

72 днів у 2020 році, до 81 доби в 2021 році. Встановлено, що тривалість періоду «цвітіння–достигання» в середньому за роки вивчення змінювалася від 36 до 47 днів, за середнього значення 41 доба. Найбільше варіювання цього значення (6 днів) відмічено у сортів Українка і Слобожанка, та 8 днів – у сорту Володар. Дослідження групи технологічних показників дозволило встановити, що всі з досліджуваних сортів відповідали стандарту за крупністю. При цьому, найкрупніше зерно формували сорти гречки Надійна (29,3 г) та Володар (29,2 г), найдрібніше – Селяночка (27,1 г), Слобожанка (27,6 г) та Ювілейна 100 (28,0 г). За проведеною оцінкою плівчастості, встановлено найменш плівчасте зерно у сортів гречки Софія й Антарія (по 21,1 %), Ольга (21,7 %). За досліджуванням вирівняності зерна – найбільшим рівнем показника вирізнявся зерновий матеріал сортів гречки СИН 3/02 (81,8 %), Надійна (81,8 %), Селяночка (81,3 %), Єлена (81,0 %) та Софія (81,0 %). В цілому, за сукупністю проаналізованих технологічних показників якості зерна в умовах південного Лісостепу України найдоцільніше вирощувати гречку сортів Ольга, Єлена та Софія.

Ключові слова: гречка, висота рослин, вегетаційний період, крупність зерна, плівчатість зерна, вирівняність зерна.

O. V. Tryhub,

Candidate of Agricultural Sciences, Research Officer
Ustymivka Experimental Station of Plant Production (Ustymivka, Ukraine)

V. V. Liashenko,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Breeding
Poltava State Agrarian University (Poltava, Ukraine)

O. M. Kutsenko,

Candidate of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Plant Breeding
Poltava State Agrarian University (Poltava, Ukraine)

O. V. Barabolia,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Breeding
Poltava State Agrarian University (Poltava, Ukraine)

I. V. Korotkova,

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor at the Department of Biotechnology and Chemistry
Poltava State Agrarian University (Poltava, Ukraine)

K. V. Liashenko,

Master Student
Poltava State Agrarian University (Poltava, Ukraine)

THE ANALYSIS OF BIOLOGICAL PROPERTIES AND ECONOMIC INDICATORS OF BUCKWHEAT PLANTS IN THE ZONE OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article is devoted to choosing buckwheat varieties, which can ensure the production increase of buckwheat grain products in the Southern Forest-Steppe of Ukraine taking into account their biological and technological indicators. The investigation was made during 2020–2021 in field and laboratory conditions of Ustymivka Experimental Station of Plant Growing of the Institute of Plant Growing named after V.Ya. Yuriev, of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The experiment was organized by the scheme of the control seed plot using the generally accepted cultivation technology. As a result of the studies, it has been established that plant stand of different buckwheat cultivars varied from 103.1 to 147.2 cm, at the average value in the group of 119.4 cm. Moreover, the highest indicator in the group (123.7) was registered in 2021 as a result of favorable weather conditions; Volodar variety had 146.8 cm and Ukrainka – 147.2 cm. The analysis results of the growing period duration have shown that all the buckwheat varieties reacted on improving cultivation conditions – they increased the growing period, but indeterminate type varieties had considerably higher indicators: Ukrainka – from 72 days and nights in unfavorable 2020 to 78 days and nights in more favorable 2021; Volodar variety – from 72 days and nights in 2020 to 81 days and nights in 2021. It has been determined that the duration of "blossoming-ripening" period varied from 36 to 47 days and nights on the average during the years of experiments, at the average value of 41 days and nights. The highest variation of this indicator was registered in Ukrainka and Slobozhanka varieties – 6 days and nights, and Volodar – 8 days and nights. The research of the technological indicators' group has shown that all the studied varieties corresponded to the standard as to coarse-granularity, and such buckwheat varieties as Nadiyna and Volodar formed the most coarse grain – 29.3 g and 29.2 g, respectively, and the smallest kernels were formed in Selianochka (27.1g), Slobozhanka (27.6 g), and Yuvileina 100 (28.0 g) varieties. According to the conducted assessment, the lowest grain hull content was registered in Sofia, Antaria buckwheat varieties (21.1% in each) and Olha (21.7%). Concerning the studied grain uniformity, the grain material of СИН 3/02 and Nadiyna buckwheat varieties had the highest index value – 81.8%, Selianochka had 81.3%, Yelena and Sofia – 81.0% each. Thus, according to all the analyzed indicators, Olha, Yelena, and Sofia buckwheat varieties are expedient to cultivate in the conditions of the Southern Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: buckwheat, plant stand, growing period, coarse-granularity, grain hull content, grain uniformity.

Постановка проблеми. Гречка є однією з найбільш затребуваних круп'яних культур в Україні, чому, в першу чергу, сприяють її непересічні властивості як збалансованого за білково-вітамінним комплексом продукту харчування з відмінними смаковими якість. Значний попит на гречану продукцію формується також за рахунок споживання гречаного меду та викорис-

тання її як головного компоненту здорового органічного харчування (пророщене зерно, зелені та висушені частини рослин тощо). За даними ФАО гречку віднесено до важливих традиційних сільськогосподарських культур для певних регіонів (у тому числі і для України) [1].

Сучасні сорти гречки отримали характеристики високої продуктивності та якості продукції,

мають різний тип рослин (детермінантний, індетермінантний), відрізняються контрольованістю вегетаційного періоду та технологічними особливостями, що сприяють отриманню більшого врожаю та запобіганню втратам [2]. Однак, суттєвим недоліком цієї сільськогосподарської культури залишається висока чутливість до дії абіотичних чинників середовища, особливо в період формування генеративних органів – цвітіння та досягання [3].

Таким чином, набуває актуальності добір кращого сортового матеріалу гречки різного еколого-географічного походження для вирощування в умовах південного Лісостепу України на основі досліджень біологічних властивостей і технологічних показників з урахуванням неоднорідності температурних режимів і кількості опадів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Головною умовою отримання високих і стабільних урожаїв гречки, як і будь-якої іншої сільськогосподарської культури, є застосування у виробництві сортів і гібридів, що вирізняються високим потенціалом продуктивності та здатністю реалізовувати його в змінних умовах середовища, позитивно реагувати на поліпшення умов вирощування через застосування новітніх технологій [4]. Не менш важливою є реакція на неконтрольовані умови вирощування, пов'язані з впливом кліматичних чинників, – стійкість рослин до не критичних змін температурного режиму та умов зволоження [5].

Дослідження свідчать, що нестабільність у формуванні врожаю значно знижують у виробників попит на гречку як прибуткову культуру, надаючи перевагу більш комерційно привабливим соняшнику, сої, кукурудзі, пшениці тощо [6]. Наразі ініційовані певні кроки щодо збільшення прибутковості вирощування гречки – забезпечено державне дотування її вирощування, що збільшить цінність до гречки як маржинальної сільськогосподарської культури, а виробництво вивести не лише до забезпечення внутрішнього попиту, а й зробити зерно гречки експортним продуктом [7, 8].

Мета статті полягає у доборі високопродуктивних сортів гречки для зони південного Лісостепу України за ознаками біологічних властивостей і господарських показників.

Методика дослідження. Проведені дослідження виконано в польових і лабораторних умовах Устимівської дослідної станції рослинництва. Закладку дослідів, оцінку й аналіз отриманих даних за урожайними та якісними показниками проведено згідно «Методики польового дослідів» [9], методики Державного сортопробування сільськогосподарських культур (2016) [10]. Фенологічні спостереження й обліки, морфологічний опис, класифікацію за рівнем прояву господарсько-цінних ознак і біологічних властивостей проводили згідно «Широкого уніфікованого класифікатора роду Гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench.)» (2013) [11], «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернобобових та круп'яних на відмінність, однорідність і стабільність» (2016) [10] та «Аналізу структури рослин

гречки» (Методичні рекомендації) (1994) [12]. Польові досліді розміщувалися в селекційно-насіницькій сівозміні, попередником були зернобобові культури (соя).

Дослідження проводилося за схемою контрольного розсадника, застосовувалася загальноприйнята технологія вирощування із застосуванням механізованої (сівалка ССФК-7) та ручної праці при догляді за посівами. Закладалися ділянки площею 25 м² з міжряддям 45 см, в триразовій повторності, норма висіву 3,0 млн шт. схожого насіння/га. Сівбу здійснено в оптимальні строки – 16 (2020 рік) та 19 травня (2021 рік), що забезпечило вегетацію культури в характерних для даної зони умовах та провести опис рослинного матеріалу за комплексом морфологічних і господарських показників [11].

Сорти було вивчено за ознаками вегетативного розвитку, прямими й індексними показниками продуктивності рослини та її біологічними особливостями. Обліки й аналізи включали [9]:

1. Фенологічні спостереження за фазами розвитку рослин – сходи, бутонізація, початок цвітіння, повне цвітіння, досягання;

2. Оцінювання й облік за кількісними та якісними характеристиками, що проводилися в польових (після відбору пробного снопа) і лабораторних (взяттям середніх проб) умовах;

3. Застосування варіаційного та кореляційного аналізу.

Вивчення дослідного матеріалу проведено за показниками: врожайність, продуктивність рослини (кількість зерен, маса зерна), кількість суцвіть та їх озерненість і продуктивність, висота рослини, тривалість вегетаційного періоду та періоду «цвітіння–досягання», дружність (одночасність) досягання, крупність зерна (маса 1000 зерен), його вирівняність і плівчастість.

Показники технологічної якості зерна визначено на основі ДСТУ 4138-2002 (якість насіння) та ДСТУ 4524:2006 (якість крупи та плівчастість зерна) [13, 14]. Характеристика ГТК (гідро-термічний коефіцієнт), як показник забезпечення рослин теплом та вологою визначали за формулою Г. Т. Селянинова [15].

Основні результати дослідження. Сортовий матеріал, використаний у дослідженні, характеризується високим потенціалом продуктивності характеристик, що підтвердилося в результаті державного сортопробування, і є рекомендованим для вирощування в окремих природних зонах чи на всій території України. З метою визначення сучасного сортового ресурсу гречки з урахуванням неоднорідності температурних режимів і кількості опадів в умовах Лісостепової зони України, нами було використано 12 сортів гречки різного еколого-географічного походження, що активно використовуються у виробництві: сорти ННЦ «Інститут землеробства НААН» – Українка, СИН 3/02, Надійна, Ольга; Інституту сільськогосподарства Північного Сходу НААН – Слобожанка, Селяночка, Ювілейна 100, Ярославна; НДІ круп'яних культур ім. Олени Алексеевої Подільського аграрно-технічного університету –

Єлена, Володар; Товариства з обмеженою відповідальністю науково-виробниче мале підприємство «Антарія» – Софія й Антарія.

Для гречки, що має біологічну особливість суміщеного вегетативного та генеративного росту і розвитку (особливо в індетермінантних сортів) важливою характеристикою є висота рослини [16]. Генетично обмеженим є ріст рослин у детермінантних сортів, але певний період паралельного росту мають і вони, враховуючи, що цвітіння рослин гречки розпочинається за висоти рослини – від 25–30 см, а загальна висота може складати понад 1,5 м [17]. Даними дослідження встановлено, що висота рослин у сортів групи змінювалася від 103,1 до 147,2 см, за середнього значення по групі – 119,4 см (табл. 1).

У середньому за сортами вищими рослини формувалися у 2021 році – 123,7 см, в порівнянні з 2020 роком – 115,1 см. Значна різниця спотергалася між сортами індетермінантного та детермінантного типу. Останні мали значно нижче стебло. Найвищими вирізнялися рослини сортів Українка і Володар – 135,9 та 138,2 см. Найнижчими були рослини сортів – Ольга – 106,2 см, Єлена – 108,1 і Софія – 109,1 см. Показник «висота рослини»

вирізнявся стабільністю за роками з різними погодними умовами ($V = 1,3-11,8 \%$, середнє по групі $V = 6,3 \%$), що вказує на значну зумовленість його вираження генотипом.

Особливістю гречки є значна нестабільність показника «тривалість вегетації» та його складових періодів («сходи-цвітіння» та «цвітіння-достигання»). Це пов'язано з особливістю гречки поновлювати вегетацію після зняття впливу стресу – активування цвітіння після настання сприятливих умов проходження вегетації. А також продовження генеративної фази за наявності сприятливих умов росту та розвитку. Така особливість більш характерна для індетермінантних сортів, які не мають генетично закріпленого обмеження генеративної фази [18], що було підтверджено при дослідженні відібраної групи зразків (табл. 2). Загалом, в цілому за період вивчення, майже всі сортиза тривалістю періоду вегетації характеризувалися як скоростиглі (від 66 до 75 діб) крім сорту Володар (76–85 діб) [19].

Тривалішою вегетації вирізнялися, не залежно від умов, що склалися, індетермінантні сорти: Українка – 75 діб (72–78 діб), Володар – 76,5 діб (72–81 доба). Найкоротший веге-

Таблиця 1

Опис сортів гречки за показниками висоти рослини за 2020–2021 рр., см

Показник	Українка	СИН 3/02	Надійна	Ольга	Слобожанка	Селяночка	Ювілейна 100	Ярославна	Єлена	Володар	Софія	Антарія	Середнє по групі	$V, \%$
2020 рік	1245	1105	1195	1035	1125	1225	110	121	106	130	108	1156	115	6
2021 рік	147	1189	129	110	128	119	117	125	110	147	110	123	124	8
Середнє	136	115	124	106	120	121	114	123	108	138	109	120	119	6
$V, \%$	12	5	6	4	9	2	5	3	3	9	1	5		

Таблиця 2

Розподіл сортів за тривалістю вегетаційного періоду та періоду «цвітіння-достигання» (2020–2021 рр.), діб

№ п/п	Сорт	Тривалість вегетаційного періоду				Тривалість періоду «цвітіння-достигання»			
		2020 р.	2021 р.	Середнє	$V, \%$	2020 р.	2021 р.	Середнє	$V, \%$
1	Українка	72	78	75	4	41	47	44	7
2	СИН 3/02	70	72	71	1	39	40	40	1
3	Надійна	70	72	71	1	40	42	41	2
4	Ольга	68	70	69	1	36	38	37	3
5	Слобожанка	70	76	73	4	37	43	40	8
6	Селяночка	68	74	71	4	40	42	41	2
7	Ювілейна 100	72	76	74	3	41	45	43	5
8	Ярославна	72	76	74	3	42	43	43	1
9	Єлена	68	70	69	1	38	37	38	1
10	Володар	72	81	77	6	40	48	44	9
11	Софія	70	72	71	1	39	41	40	3
12	Антарія	72	76	74	3	42	43	43	1
Середнє по групі		70	74	72		40	42	41	
$V, \%$		2	4	2,8		4	6	5	

таційний період мали детермінатні сорти Ольга та Єлена – 69 діб (68–70 діб). Всі сорти мали позитивну реакцію на покращення умов вирощування – збільшували тривалість періоду вегетації, але сорти індеремінатного типу мали цей показник на значно вищому рівні. Так, сорт Українка – з 72 діб у несприятливому 2020 році, до 78 діб у більш сприятливому 2021 році, а сорт Володар – із 72 діб у 2020 році, до 81 доби в 2021 році.

Щодо періоду «цвітіння–достигання» – це міжфазний період, що найбільше впливає на рівень урожайності, який буде сформовано сортом. Це період реалізації генетичного потенціалу продуктивності рослини [17]. У групи вивчення його тривалість і визначала загалом тривалість вегетації, так як період «сходи–цвітіння» у більшості зразків варіював у досить вузьких межах – від 28 до 33 діб. Тривалість міжфазного періоду «цвітіння–достигання» в середньому за роки вивчення варіювала від 36 до 47 діб, за середнього значення 41 доба. Найбільше варіювання цього значення (6 діб) відмічено у сортів Українка ($V = 6,8\%$), Слобожанка ($V = 7,5\%$) та 8 діб у сорту Володар ($V = 9,1\%$).

Технологічні показники за якими проводився опис сортового матеріалу можна розділити на дві групи. Перша – це технологічність вирощування: стійкість до осипання плодів; вилягання рослин; дружність достигання.

За цим комплексом показників закономірно можна виділити зразки детермінатного типу, характеризуються обмеженням ростових процесів. Таке явище позитивно впливало на стійкість до вилягання через обмежене формування листо-стеблової маси, а значить і меншу парусність рослини, а також генетично визначене коротке і потовщене нижнє міжвузля, що також сприяє стійкості до вилягання [20]. Щодо стійкості до осипання плодів, то вона напряму пов'язана з дружністю (одночасністю) достигання. Чим

менш розтягнуте в часі цвітіння, тим більша ймовірність повного збирання сформованих плодів і зменшення втрат через їх перестій до настання повної стиглості інших. Розтягнуте цвітіння може тривати понад 50 діб і при необхідному часі від зав'язування зерна до достигання 30–32 доби, перестій може сягати понад 15 діб. Це часто є причиною опадання перших, найбільш цінних плодів (зерен). Необхідно також відзначити, що до нині не було знайдено жодної вихідної форми з не опадаючим після достигання зерном [21]. За результатами комплексного вивчення сортів можна виділити найбільш технологічні з них сорти – Надійна, Ольга, Ярославна, Єлена та Софія, що мали більшу стійкість до осипання плодів під час збирання та перенесення, а також товще та коротше нижнє міжвузля. Щодо дружності достигання – найменш тривалим та інтенсивним цвітінням вирізнялися сорти – Єлена, Ольга та Софія.

Другою групою технологічних показників є характеристика крупності зерна, його плівчастості та вирівняності. Це властивості, що сприяють кращому обрешуванню зерна під час виробництва круп. Масу 1000 зерен відносять до основних показників, що поряд із продуктивністю рослини впливають на рівень урожайності. Крупність зерна є сильно регламентованим генетичним показником і мало незначне варіювання за роками – в групі вивчення змінювався від 0,4 до 1,9 % (рис. 1). Новітні сорти, що надходять у сортовипробування повинні мати масу 1000 зерен в інтервалі не менше 27–30 г. Всі з досліджуваних сортів відповідали цьому стандарту. Найкрупніше зерно формували сорти гречки Надійна (29,3 г) та Володар (29,2 г). Найдрібнішим зерном характеризувалися сорти Селяночка (27,1 г), Слобожанка (27,6 г) та Ювілейна 100 (28,0 г).

Для переробної промисловості важливим є вихід крупи із зерна гречки, що регламентується плівчастістю зерна та його вирівняністю.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика сортів за технологічними параметрами (2020–2021 рр.)

№ п/п	Сорт	Плівчастість зерна, %				Вирівняність зерна, %			
		2020 р.	2021 р.	середнє	V, %	2020 р.	2021 р.	середнє	V, %
1	Українка	22	23	23	2	80	80	80	0
2	СИН 3/02	22	22,5	22	2	82	81	82	1
3	Надійна	23	22	22	2	82	82	82	0
4	Ольга	21	22	22	3	81	80	81	1
5	Слобожанка	24	23	24	0	77	77	77	0
6	Селяночка	23	22	22	2	82	81	81	1
7	Ювілейна 100	23	23	23	0	78	78	78	0
8	Ярославна	23	21	22	4	81	80	81	1
9	Єлена	22	23	22	1	80	82	81	1
10	Володар	23	23	23	1	79	80	79	1
11	Софія	22	22	22	1	81	81	81	0
12	Антарія	22	22	22	1	77	77	77	0
Середнє по групі		23	22	22		80	80	80	
V, %		3	2	2		2	1	2	

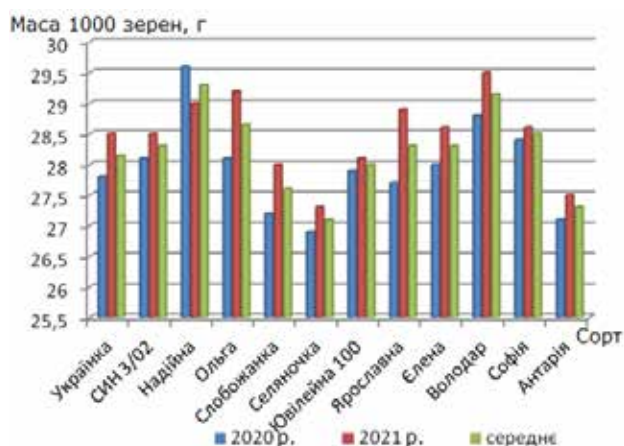


Рис. 1. Розподіл сортів рослин за крупністю зерна (2020–2021 рр.)

Плівчастість зерна у сортів, що допущені до вирощування, повинна знаходитися в межах 20–24 %, а вирівняність – понад 75 % [17].

За нашими дослідженнями, всі сорти гречки відповідали вимогам за технологічністю зернового матеріалу. Показники вирізнялися значною стабільністю, з коливанням у середньому по групі вивчення – 1,9 % і 0,4 % відповідно за плівчастістю і вирівняністю (табл. 3).

Таким чином, плівчастість зразків у сортів змінювалася від 21 до 23 %, вирівняність – від 77 до 82 %. Найменш плівчастим було зерно сортів гречки – Софія й Антарія (по 21,1 %) та Ольга (21,7 %). Найбільшою вирівняністю вирізнявся зерновий матеріал таких сортів гречки: СИН 3/02 (81,8 %); Надійна (81,8 %); Селяночка (81,3 %); Елена (81,0 %) та Софія (81,0 %).

Висновки. У дослідженні встановлено, що висота рослин різних сортів гречки змінювалася від 103,1 до 147,2 см, за середнього значення по групі – 119,4 см. Результати аналізу тривалості вегетаційного періоду показали, що всі сорти гречки мали позитивну реакцію на покращення умов вирощування – збільшували тривалість періоду вегетації. Встановлено, що тривалість міжфазного періоду «цвітіння–достигання» в середньому за роки вивчення змінювалася від 36 до 47 діб, за середнього значення 41 доба. Найбільше варіювання цього значення (6 діб) відмічено у сортів Українка і Слобожанка, та 8 діб у сорту Володар. Аналіз групи технологічних показників дозволив установити, що всі з досліджуваних сортів відповідали стандарту за крупністю. За проведеною оцінкою плівчастості зерна визначено найменш плівчасте зерно у сортів гречки Софія та Антарія (по 21,1 %), Ольга (21,7 %). За досліджуванням вирівняності зерна – найбільшим рівнем показника вирізнявся зерновий матеріал сортів гречки СИН 3/02 (81,8 %), Надійна (81,8 %), Селяночка (81,3 %), Елена (81,0 %) та Софія (81,0 %). Отже, за сукупністю біологічних властивостей і господарських показників в умовах південного Лісостепу України найдоцільніше вирощувати гречку сортів Ольга, Елена та Софія.

Література

1. Тригуб О. В. Агробіологічний підбір сортів гречки за продуктивними ознаками. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. (7 червня 2019 р., м. Київ). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 57–60.

2. Вільчинська Л. А., Городиська О. П., Диянчук М. В. Селекція гречки на стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 55–60. DOI: 10.7124/FEEO.v27.1302.

3. Тригуб О. В. Джерела продуктивності та адаптивності гречки. *Генетичні ресурси рослин*. 2016. № 18. С. 77–87.

4. Vilchynska L. A., Gorodyska O. P. Estimation of new breeding material of buckwheat on the velocity basis. *Black Sea Scientific Journal of Academic Research*. 2014. Vol. 14. P. 14–19.

5. Парок А. В. Удосконалення окремих елементів технології вирощування гречки в умовах Лісостепу Західного: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Подільський АТУ. Кам'янець-Подільський, 2016. 167 с.

6. Fesenko A. N., Fesenko N. N., Romanova O. I., Fesenko I. N. Crop Evolution of Buckwheat in Eastern Europe: Microevolutionary trends in the secondary center of buck-wheat genetic diversity. In: M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, G. Wieslander (Eds.) *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat* (pp. 99–107). Elsevier, 2016.

7. Громовий С. Ціни на гречку до кінця року можуть злетіти на 30%. URL: <https://kurs.com.ua/ua/novost/552176-ceni-na-grechku-k-koncu-godamogut-vzletet-na-30?source=ukrnet> (дата звернення: 14.10.2022 р.).

8. Вільчинська Л., Камінна О., Диянчук М. Селекція гречки для умов Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агронімія*. 2018. № 22. С. 148–152.

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1979. 416 с.

10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні; за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.

11. Тригуб О. В. Широкий уніфікований класифікатор роду Гречки (*Fagopyrum* Mill.). Кременчук: Християнська Зоря, 2013. 54 с.

12. Бочкарєва Л. П. Анализ структуры растения гречихи. Методические рекомендации. Черновцы, 1994. 45 с.

13. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91465 (дата звернення: 14.10.2022 р.).

14. ДСТУ 4524:2006. Гречка. Технічні умови. [Чинний від 2007-07-01]. URL: https://dnaor.com/html/33900/DSTU_4524_2006 (дата звернення: 14.10.2022 р.).

15. Тригуб О. В., Куценко О. М., Маренич М. М., Ляшенко В. В. Оцінка впливу погодно-кліматичних факторів на рівень урожайності сортового матеріалу гречки. *Вісник ПДАА*. 2020. № 2. С. 12–18. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.01.

16. Тригуб О. В., Ляшенко В. В. Джерела господарських та селекційно-цінних ознак для селекції гречки звичайної (*Fagopyrum Esculentum* Moench.). *Вісник ПДАА*. 2017. № 1–2. С. 48–55. DOI: 10.31210/visnyk2017.1-2.10.

17. Алексеева Е. С. Культура гречихи : В 3 ч. Ч. 1. История культуры, ботан. и биолог. особенности. Е. С. Алексеева, И. Н. Елагин, Л. К. Тараненко, Л. П. Бочкарева, М. М. Малина; ред.: Е. С. Алексеева; АН высш. школы Украины, Подол. гос. аграр.-техн. ун-т, Науч.-исслед. ин-т крупяной культуры. Каменец-Подол. : Изд. Мошак М.И., 2005. 192 с.

18. Чекалин Н. М., Тищенко В. Н., Баташова М. Е. Селекция и генетика гречихи. Селекция и генетика отдельных культур. Полтава, 2009. 175 с.

19. Тригуб О. В., Бурдига В. М. Формування колекції світового генофонду гречки в Україні та напрямки її використання. *Посібник українського хлібороба*. 2015. № 5. С. 118–123. DOI: 10.31210/visnyk2017.1-2.10.

20. Страхоліс І. М. Результати, перспективи і проблеми селекції гречихи на детермінатність. *Селекція і насінництво*. 2001. № 85. С. 29–37.

21. Алексеева О. С., Тараненко Л. К., Малина М. М. Генетика, селекція і насінництво гречки. Київ : Вища школа, 2004. 213 с.

References

1. Trygub, O.V. (2019). Ahrobiolohichniy pidbir sortiv hrechky za produktyvnymy oznakamy. Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku : materialy V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (7 chervnia 2019 r., m. Kyiv) [Agrobiological selection of buckwheat varieties according to productive characteristics. V Int. sci. and pr. conf. "World plant resources: state and development prospects"]. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian].

2. Vilchynska, L.A., Horodyska, O.P., & Diyanchuk, M.V. (2020). Seleksiia hrechky na stikiist do nespryiatlyvykh faktoriv navkolyshnoho seredovyshcha [Buckwheat selection for resistance to extreme environmental factors]. *Faktyory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv* [Factors of experimental evolution of organisms], 27, 55–60. DOI: 10.7124/FEEO.v27.1302 [in Ukrainian].

3. Trigub, O.V. (2016). Dzherela produktyvnosti ta adaptyvnosti hrechky [Sources of productivity and adaptability of buckwheat]. *Henetychni resursy roslyn* [Genetic resources of plants], 18, 77–87 [in Ukrainian].

4. Vilchynska, L.A., & Gorodyska, O.P. (2014). Estimation of new breeding material of buckwheat on the velocity basis. *Black Sea Scientific Journal of Academic Research*, 14, 14–19.

5. Rarok, A.V. (2016). Udoshonalennia okremykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia hrechky v umovakh Lisostepu Zakhidnoho : dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.01.09 [Improvement

of certain elements of buckwheat growing technology in the conditions of the Western Forest Steppe. *Can. agr. sci. diss.*] Kamianets-Podilskyi: Podilsk Agrarian and Technological University [in Ukrainian].

6. Fesenko, A.N., Fesenko, N.N., Romanova, O.I., & Fesenko, I.N. (2016). Crop Evolution of Buckwheat in Eastern Europe: Microevolutionary trends in the secondary center of buck-wheat genetic diversity. In: M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, G. Wieslander (Eds.) *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat* (pp. 99–107). Elsevier.

7. Hromovyi, S. Tsiny na hrechku do kintsia roku mozhut zletity na 30% [Buckwheat prices may rise by 30% by the end of the year]. *Elektronnyy resurs*: <https://kurs.com.ua/ua/novost/552176-ceni-na-grechku-k-koncu-goda-mogut-vzletet-na-30?source=ukrnet> [in Ukrainian].

8. Bilchinskaya, L., Kaminna, E., & Diyanchuk, N. (2018). Seleksiia hrechky dlia umov Lisostepu Ukrainy [Selection of buckwheat for the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiia* [Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy], 22, 148–152 [in Ukrainian].

9. Dosepohov, B.A. (1979). *Metodika polevogo opyita* [Methodology of field experiment]. Moscow: Kolos [in Russian].

10. *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine] (2016). Tkachyk, S.O. (Ed). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].

11. Trigub, O.V. (2013). Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu Hrechky (*Fagopyrum* Mill.) [Wide unified classifier of the genus Buckwheat (*Fagopyrum* Mill.)]. Kremenchuk: Khristiyanska Zorya [in Ukrainian].

12. Bochkaryova, L.P. (1994). Analiz strukturyi rasteniya grechihi. *Metodicheskie rekomendatsii* [Analysis of the buckwheat plant structure. Methodological recommendations]. Chernovtsy [in Russian].

13. DSTU 4138-2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. *Metody vyznachennia yakosti*. [Chynnyi vid 2004-01-01] [State Standard 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality]. *Elektronnyy resurs*: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=91465 [in Ukrainian].

14. DSTU 4524:2006. Hrechka. *Tekhnichni umovy*. [Chynnyi vid 2007-07-01] [State Standard 4524:2006. Buckwheat. Specifications]. *Elektronnyy resurs*: https://dnaop.com/html/33900/DSTU_4524_2006 [in Ukrainian].

15. Tryhub, O.V., Kutsenko, O.M., Marenych, M.M., & Liashenko, V.V. (2020). Otsinka vplyvu pohodno-klimatichnykh faktoriv na riven urozhainosti sortovoho materialu hrechky [The estimation of weather-climatic factors' effect on the level of

yield of buckwheat certified seeds]. *Visnyk PDAA* [Bulletin of PSAA], 2, 12–18. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.01 [in Ukrainian].

16. Trygub, O.V., & Liashenko, V.V. (2017). Dzherela hospodarskykh ta selektsiino-tsinnykh oznak dlia selektsii hrechky zvychnoi (Fagopyrum Esculentum Moench.) [Sources of economic and breeding-valuable traits for buckwheat breeding (Fagopyrum esculentum Moench.)]. *Visnyk PDAA* [Bulletin of PSAA], 1–2, 48–55. DOI: 10.31210/visnyk2017.1-2.10 [in Ukrainian].

17. Alekseeva, E.S., Elagin, I.N., & Taranenko, L.K. (2005). Kultura grechihi. Istoriya kulturyi, botanicheskie i biologicheskie osobennosti [Buckwheat culture. History of culture, botanical and biological features]. *Kamenets-Podolskiy: Moshak M. I., Part 1.* [in Russian].

18. Chekalin, N.M., Tyshchenko, V.N., & Batashova, M.E. (2009). Seleksiya i genetika grechihi. Seleksiya i genetika otdelnykh kultur

[Buckwheat breeding and genetics. Breeding and genetics of individual crops]. Poltava [in Ukrainian].

19. Trygub, O.V., & Burdyga, V.M. (2015). Formuvannia kolektsii svitovoho henofondu hrechky v Ukraini ta napriamky yii vykorystannia [Formation of the world buckwheat gene pool collection in Ukraine and directions of its use]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba* [Ukrainian farmer's guide], 5, 118–123. DOI: 10.31210/visnyk2017.1-2.10 [in Ukrainian].

20. Straholis, I.M. (2001). Rezultaty, perspektyvy i problemy selektsii hrechky na determinatnist [Results, prospects and problems of buckwheat breeding for determinism]. *Selektsiia i nasynnytstvo* [Breeding and seed production], 85, 29–37 [in Ukrainian].

21. Alekseeva, O.S., Taranenko, L.K., & Malyna, M.M. (2004). Henetyka, selektsiia i nasynnytstvo hrechky [Buckwheat genetics, selection and seed production]. Kyiv: Higher School [in Ukrainian].

**В. В. Шевчук,**

аспірантка кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: vvictoriya07@gmail.com

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФОТОСЕНТИТИЧНОГО АПАРАТУ ГОРОХУ ОЗИМОГО

У технологічному процесі застосування рістрегулювальних та бактеріальних препаратів, їх композицій та позакореневих підживлень є перспективним для підвищення врожайності зернобобових культур. Метою роботи було вивчення дії передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Ендофіт-L1 РК (10 мл на 1 т насіння), бактеріальним препаратом БТУ-р (3 л на 1 т насіння), їх комплексного застосування та двох позакореневих підживлень у фазу 3-5-ти листків мікродобривом LF-БОБОВІ (1,5 л/га) та у фази 3-5-ти листків LF-БОБОВІ (1,5 л/га) і бутонізації LF-БОБОВІ (2,5 л/га) + Біобор 140 (1,0 л/га) на особливості формування фотосинтетичного апарату гороху озимого. Дослідження проводилися на рослинах гороху озимого сорту НС Мороз. У процесі досліджень визначено вміст суми хлорофілів а+b, площу прилистків та чисту продуктивність фотосинтезу. Встановлено, що застосування регулятора росту рослин Ендофіту L1 РК, бактеріального препарату БТУ-р та їх поєднання з добривом $N_{45}P_{45}K_{45}$ призводило до збільшення площі прилистків гороху озимого сорту НС Мороз відносно контрольного варіанту на 14,8 та 15 % відповідно. За проведення позакореневих підживлень у фазу 3-5-ти прилистків рослин гороху озимого мікродобривами LF-БОБОВІ площа зростала на 28, 20, 40 %, а у фазу 3-5-ти прилистків – LF-БОБОВІ і бутонізації – LF-БОБОВІ + Біобор 140 площа зростала на 39, 33, 59 % відносно контролю. Застосування комплексної передпосівної обробки насіння у поєднанні з добривом $N_{45}P_{45}K_{45}$ та дворазовим позакореневим підживленням у фази 3-5-ти прилистків та бутонізації забезпечувало формування найвищого вмісту в прилистках гороху озимого суми хлорофілів а і b, яке в середньому за роками досліджень у фази бутонізації, цвітіння та формування бобів перевищувало контрольний варіант відповідно на 12 %, 11 %, 8 %. Збільшення чистої продуктивності фотосинтезу виявлено за сумісної передпосівної обробки гороху озимого регулятором росту рослин Ендофіту L1 РК та інкулянтном БТУ-р з фоновим добривом $N_{45}P_{45}K_{45}$ та дворазовим позакореневим підживленням, що зростало на 32 % відносно контролю. Актуальним залишається питання дослідження впливу регуляторів росту рослин, бактеріальних препаратів, їх композицій та позакореневих підживлень на інших сортах гороху озимого.

Ключові слова: регулятори росту рослин, бактеріальні препарати, позакореневе підживлення, площа листової поверхні, чиста продуктивність фотосинтезу, пігменти, продуктивність, горох озимий.

V. V. Shevchuk,

Postgraduate student at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE FEATURES OF THE FORMATION OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF WINTER PEAS

In the technological process, the use of growth regulating and bacterial preparations, their compositions, and foliar feeding is promising for increasing the yield of leguminous crops. The aim of the work was to study the effect of pre-sowing seed treatment with the plant growth regulator Endophyt-L1 RK (10 ml per 1 ton of seeds), the bacterial preparation BTU-r (3 l per 1 ton of seeds), their complex application and two foliar feedings in phase 3-5 -ty leaves micro fertilizer LF-BOBOVI (1.5 l/ha) and in phase 3-5 leaves LF- BOBOVI (1.5 l/ha) and budding LF- BOBOVI (2.5 l/ha) + Biobor 140 (1.0 l/ha) on the peculiarities of the formation of winter peas photosynthetic apparatus. Research was conducted on winter pea plants of the NS Moroz variety. During the research, the content of the sum of chlorophylls a+b, the area of stipules, and the net productivity of photosynthesis were determined. It was established that the use of the plant growth regulator Endophyte L1 RK, the bacterial preparation BTU-r and their combination with the $N_{45}P_{45}K_{45}$ fertilizer led to an increase in the area of stipules of winter peas of the NS Moroz variety compared to the control variant by 14.8 and 15%, respectively. During foliar feeding in the phase of 3-5 stipules of winter pea plants with micro fertilizers LF- BOBOVI the area increased by 28, 20, 40%, and treatment in the phase of 3-5 stipules with LF- BOBOVI micro fertilizers and in the phase of budding - with a mixture of drugs LF- BOBOVI + Biobor 140 area increased respectively by 39, 33, 59% compared to the control. The use of pre-sowing seed treatment in combination with $N_{45}P_{45}K_{45}$

fertilizer and two-time foliar fertilization in the 3-5 stipule phase and the budding phase ensured the formation of the highest content of chlorophylls a and b in winter pea stipules, which, on average, over the years of research, in the phases of budding, flowering and the formation of beans exceeded the control variant by 12%, 11%, 8%, respectively. An increase in the net productivity of photosynthesis was detected with the combined pre-sowing treatment of winter peas with the plant growth regulator Endophyte L1 RK and inoculant BTU-r with background fertilizer $N_{45}P_{45}K_{45}$ and two-time foliar feeding, which increased by 32% compared to the control. The problem of researching the influence of plant growth regulators, bacterial preparations, their compositions, and foliar feeding on other winter pea varieties remains relevant.

Key words: plant growth regulators, bacterial preparations, foliar feeding, leaf surface area, net photosynthesis productivity, pigments, productivity, winter pea.

Постановка проблеми. Одним із можливих напрямів рослинництва та удосконалення технології підвищення врожайності сільськогосподарських культур є застосування хімічних засобів управління біологічними процесами за допомогою регуляторів росту рослин та бактеріальних препаратів, які знижують матеріальні та фінансові витрати. Застосування цих речовин у наш час дає змогу вирішувати доволі багато завдань у практиці рослинництва. Здійснюється низка агротехнологічних прийомів і технологій вирощування окремих культур, на основі чого різко, іноді в декілька разів, скорочуються витрати та зростає продуктивність праці, тобто за допомогою препаратів даних груп можна перетворити сільське господарство у більш інтенсивне [1, 2]. Однак, є необхідність подальших досліджень ефективності цих препаратів при їх комплексній взаємодії, яка може призводити до синергізму, антагонізму та адитивності.

В Україні горох посівний є важливою зернобобовою культурою. Варто зазначити, що ця культура є високоврожайною, володіє гарними показниками якості зерна та коротким вегетаційним періодом [3]. Широкого впровадження набуває сорт гороху озимого НС Мороз, який мало вивчений на теренах нашої держави. Тому дослідження спрямовані на вивчення гороху озимого сорту НС Мороз з метою підвищення його показників врожайності за використання різних технологій вирощування, а саме передпосівної обробки насіння рістрегулювальними та бактеріальними препаратами, їх комплексного застосування та здійснення позакореневих підживлень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробка сучасних біологічних препаратів орієнтована на підвищення рівня екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва, покращення фітосанітарної ситуації в агроценозах, підвищення рівня рентабельності продукції рослинництва, особливо під час вирощування культур у системі органічного землеробства і нарощування експортних можливостей АПК України [4].

Відомо, що сумісне застосування рістрегулювальних та бактеріальних препаратів є ефективним засобом у рослинництві, який призводить до покращення якості товарної продукції і фітосанітарного стану посівів.

Продуктивність рослин переважно визначається донорно-акцепторними відносинами – процесами відтоку асимілятів з фотосинтезуючих органів та подальшим синтезом до споживаючих органів, а інтенсивність фотосинтезу регулюється запитом на асиміляти із боку органів-споживачів [5]. Підвищення врожайності можна досягти

у результаті вдосконалення фотосинтетичного апарату [6].

У низці робіт вказується на ефективність застосування рістрегулювальних та бактеріальних препаратів на різних зернобобових культурах [7–10].

Встановлено, що дворазове застосування рістрегулюючих препаратів Гумаксід у нормі 0,6 л/га та АКМ 0,5 л/га на рослинах гороху забезпечувало збільшення площі прилистків на 15–43% порівняно з необробленими рослинами [11].

Досліджено, що за використання препарату Ризобофіту приріст урожайності сортів гороху Чекбек, Царевич та Отаман становив 0,13–0,32 т/га, а за дії комплексного застосування біопрепаратів Ризобофіт, Фосфоентерин та Біополіцидом – на 0,20–0,28 т/га [12].

Встановлено Я. О. Бойком [13], що обробка рослин гороху озимого сорту НС Мороз регулятором росту Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) призводила до підвищення показника ЧПФ відносно контролю на 2 %, а за поєднання регулятора росту з різними нормами мікродобрива МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) – в середньому – на 7–11 %.

Мета статті є вивчення дії передпосівної обробки насіння регулятора росту рослин Ендофіт-Л1 РК, бактеріального препарату БТУ-р, їх комплексного застосування та двох позакореневих підживлень у фазу 3–5-ти листків LF-БОБОВІ та у фази 3–5-ти листків LF-БОБОВІ і бутонізації LF-БОБОВІ + Біобор 140 на особливості формування фотосинтетичного апарату гороху озимого сорту НС Мороз.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводилися у Правобережному Лісостепу України впродовж 2019–2022 рр. у польових умовах сівозміни дослідного поля кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки має рівний рельєф та представлений сірими лісовими середньо-суглинковими ґрунтами. За даними ґрунтового обстеження орний шар має такі агрохімічні показники: вміст гумусу (за ДСТУ 4289) становить 2,0–2,25 % ґрунту легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) 60–67 мг/кг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) відповідно 149–212 мг/кг і 80–92 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,5–6,0 та гідролітична кислотність – 1,10–1,21 мг-екв на 100 г ґрунту. Загальна площа ділянки – 100 м². Площа облікової ділянки – 40 м², повторність досліду – триразова.

Відповідно до поставленої мети була розроблена програма досліджень та схема польового досліду (табл. 1).

**Формування елементів морфо-біологічної структури гороху озимого
(схема польового дослідіу)**

Сорт	Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Підживлення (Фактор В)
НС Мороз	1. Без обробки (контроль) 2. Ендофіт – L1 3. БТУ-р 4. Ендофіт – L1+ БТУ-р	1. $N_{45}P_{45}K_{45}$ (фон) 2. Фон + LF-БОБОВІ 1,5 л/га 3. Фон + LF-БОБОВІ 1,5 л/га + LF-БОБОВІ 2,5 л/га + Біобор 140 1,0 л/га

У день сівби насіння озимого гороху обробляли протруйником насіння Тевіроном (1,8 л на 1 т насіння), бактеріальним препаратом БТУ-р (3 л на 1 т насіння) та стимулятором росту Ендофітом L1 РК (10 мл на 1 т насіння) за допомогою ПКС-20 Супер. Проводили два підживлення: перше у фазі 3–5-ти прилистків добривами LF-БОБОВІ (1,5 л/га) та друге поєднання у фазі 3–5-ти прилистків добривами LF-БОБОВІ (1,5 л/га) і у фазі бутонізації добривами LF-БОБОВІ (2,5 л/га) + Біобор 140 1,0 л/га. За контроль прийнято варіант з передпосівною обробкою насіння протруйником Тевірон (1,8 л на 1 т насіння) та з фоном удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Вміст фотосинтетичних пігментів визначали на спектрофотометрі Ulab – 102UV (Китай) з використанням формул Н. К. Lichtenthaler [14]. Площу листової поверхні визначали за методикою А.А. Ничипоровича [15]. Чисту продуктивність фотосинтезу обчислювали за формулою Кідда, Веста, Бріггсона [16]. Результати досліджень оброблені статистично за методикою Б.О. Доспехова та за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6.0».

Результати дослідження та їх обговорення. Важливим показником фотосинтетичної активності рослинного організму є площа листків.

Середні значення трирічних досліджень площі прилистків гороху озимого сорту НС Мороз змінювалися залежно від комбінування досліджуваних препаратів та мікродобрив. Так, у фазі бутонізації-цвітіння у контрольному варіанті без передпосівної обробки насіння за фонового удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ загальна площа прилистків ста-

новила 20,5 тис. м²/га (рис. 1). Використання Ендофіту L1 РК, БТУ-р та їх поєднання призвело до збільшення площі прилистків відносно контрольного варіанту на 2,9; 1,6 та 3,1 тис. м²/га (14; 8 та 15%) відповідно. За проведення позакорневих підживлень у фазу 3–5-ти прилистків рослин гороху озимого площа зростала на 5,6; 4,1; 8,1 тис. м²/га (28; 20; 40 %), а у фазу 3–5-ти прилистків і бутонізації площа зростала на 8,1; 6,8; 12,1 тис. м²/га (39; 33; 59 %) відносно контролю. Підвищення площі прилистків рослин гороху озимого відбувалося за рахунок збільшення кількості прилистків та їх розмірів.

Вміст хлорофілу – основний показник фотосинтетичної продуктивності, що характеризує не тільки розміри асиміляційного апарату, а й ефективність синтетичних процесів рослин [17].

Аналізуючи середні значення трирічних досліджень, слід відмітити, що значне зростання показників вмісту суми хлорофілів *a+b* прослідковувалося у варіанті з сумісною передпосівною обробкою рістрегулятором рослин та біоінокулянтом на фоні основного удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ та дворазового позакореневого підживлення мікродобривами у фазі 3–5-ти прилистків та бутонізації (рис. 2). За використання цієї композиції препаратів у досліджуваного сорту гороху озимого НС Мороз виявлено, що показники вмісту суми хлорофілів *a+b* склали у фазу бутонізації 1,768 % при 1,579 % на суху речовину у контрольному варіанті без обробки та підживлень; у фазу цвітіння – 2,069 % при 1,873 %; у фазу утворення бобів – 1,468 % при 1,363 %.

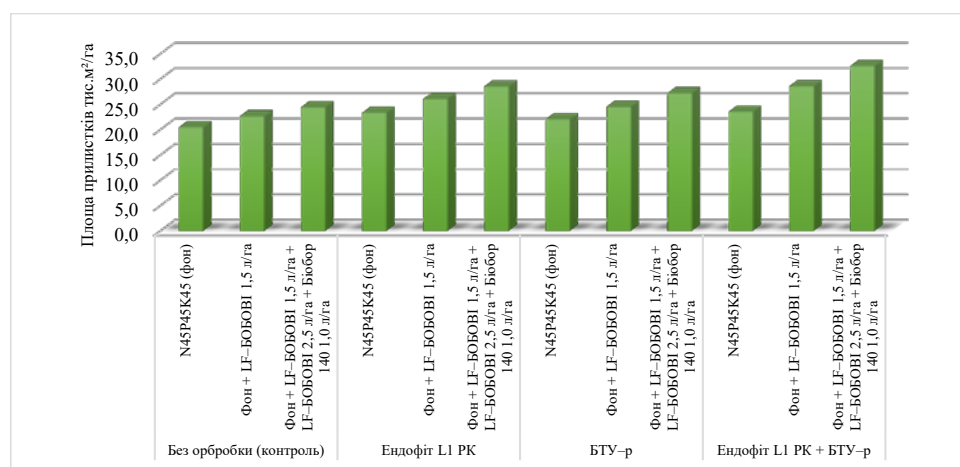


Рис. 1. Вплив різних технологій вирощування на площу прилистків гороху озимого у фазу бутонізації-цвітіння (2019–2022 рр.), тис. м²/га

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є головним показником, що характеризує інтенсивність фотосинтезу, і є функцією накопичення сухої речовини рослинами та фотосинтетичного потенціалу посівів. Аналіз середніх значень трирічних досліджень чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) сорту гороху озимого НС Мороз свідчить про те, що показники змінювалися залежно від комбінування досліджуваних препаратів та мікродобрив. Так, у фазі бутонізація-

цвітіння у контрольному варіанті без передпосівної обробки насіння за фонового удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ чиста продуктивність фотосинтезу становила $3,46 \text{ г/м}^2$ (рис. 3).

Обробка гороху озимого Ендофітом L1 РК, БТУ-р та поєднанням цих препаратів призводила до збільшення ЧПФ відносно контрольного варіанту на 0,25; 0,11 та 0,40 г/м^2 (7; 3 та 12 %). За проведення позакореневих підживлень у фазу 3–5-ти прилистків рослин гороху озимого ЧПФ

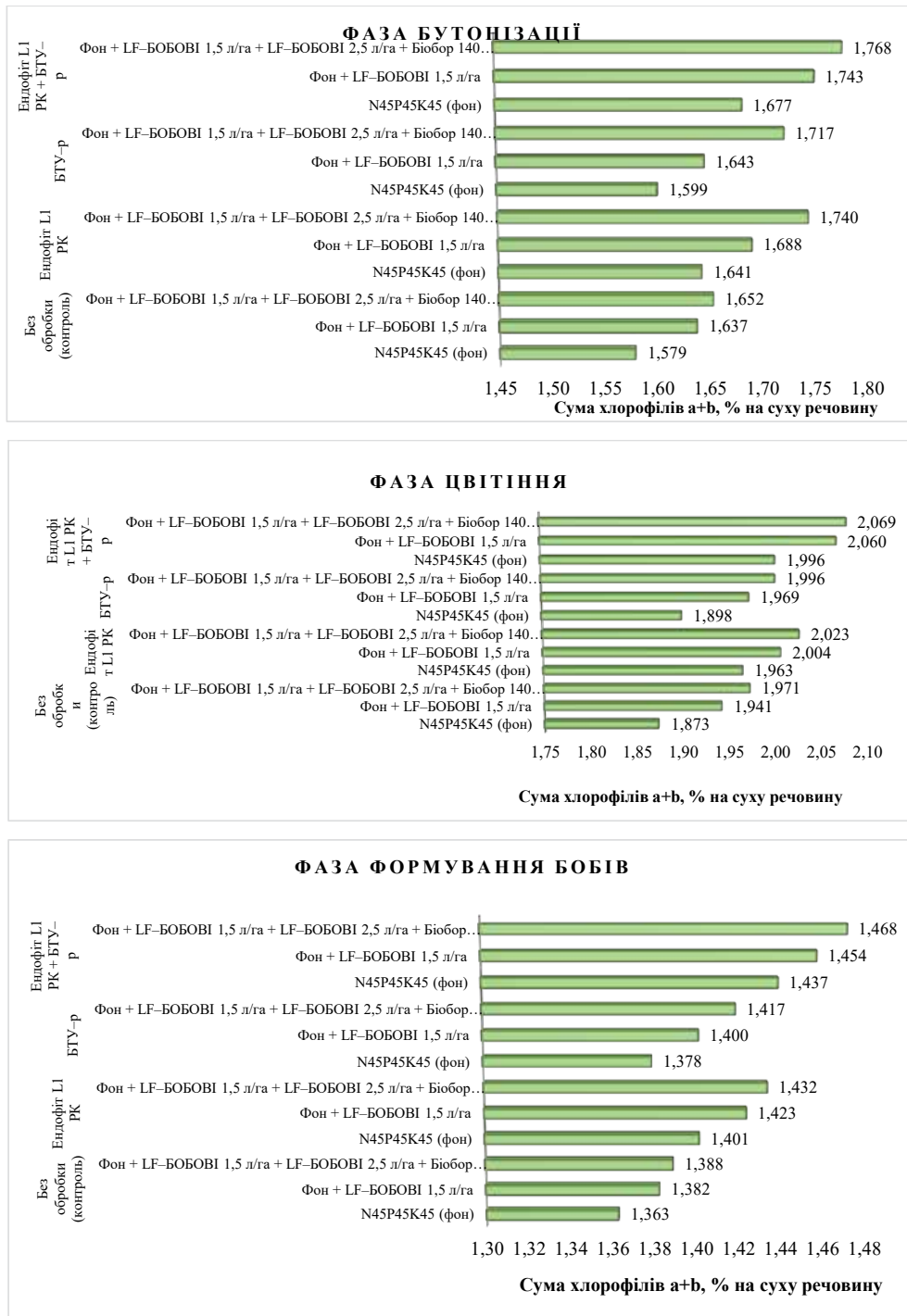


Рис. 2. Вміст суми хлорофілів a+b у прилистках гороху озимого за використання різних технологій вирощування (2019–2022 рр.), % на суху речовину

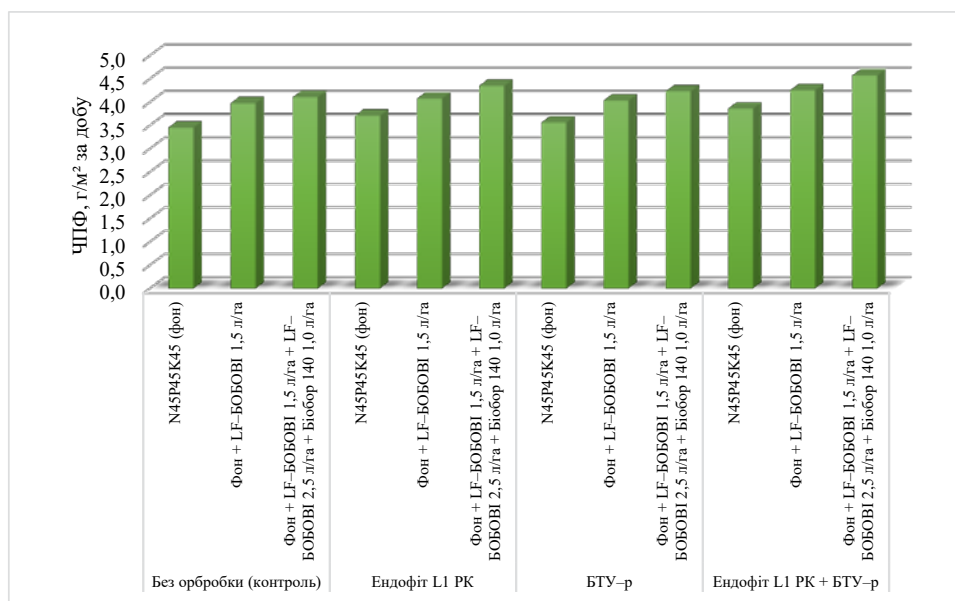


Рис. 3. Вплив різних технологій вирощування на чисту продуктивність фотосинтезу гороху озимого у фазу бутонізації-цвітіння (2019–2022 рр.), г/м² за добу

зростала на 0,62; 0,58; 0,71 г/м² (18; 17; 23 %), а у фазу 3-5-ти прилистків і бутонізації показник зростав на 0,90; 0,78; 1,12 г/м² (26; 23; 32 %) відносно контролю.

Висновки. Встановлено, що застосування ристрегулювального препарату Ендофіту L1 PK (1,8 л на 1 т насіння), інокулянта BTU-p (3 л на 1 т насіння) та їх поєднання з удобренням N₄₅P₄₅K₄₅ призводило до збільшення площі прилистків гороху озимого сорту НС Мороз відносно контрольного варіанту відповідно на 14, 8 та 15 %. За проведення позакоренових підживлень у фазу 3-5-ти прилистків рослин гороху озимого мікродобривами LF-БОБОВІ (1,5 л/га) площа зростала на 28, 20, 40 %, а у фазу 3-5-ти прилистків – LF-БОБОВІ (1,5 л/га) і бутонізації – LF-БОБОВІ (2,5 л/га) + Біобор 140 (1,0 л/га) площа зростала на 39, 33, 59 % відносно контролю.

Застосування комплексної передпосівної обробки насіння у поєднанні з удобренням N₄₅P₄₅K₄₅ та дворазовим позакореновим підживленням у фази 3-5-ти прилистків та бутонізації забезпечувало формування найвищого вмісту в прилистках гороху озимого суми хлорофілів а і b, яке в середньому за роками досліджень у фази бутонізації, цвітіння та формування бобів перевищувало контрольний варіант відповідно на 12 %, 11 %, 8 %.

Збільшення чистої продуктивності фотосинтезу виявлено за сумісної передпосівної обробки гороху озимого регулятором росту рослин та інокулянтом з фоновим удобренням N₄₅P₄₅K₄₅ та дворазовим позакореновим підживленням, що зростало на 32 % відносно контролю.

Література

1. Ткачук О. О., Шевчук О. А. Перспективи використання регуляторів росту рослин стиму-

люючої дії. *Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук : основні наукові проблеми та перспективи дослідження* : зб. наук. праць ВДПУ. Вінниця, 2018. С. 46–48.

2. Пшиченко О. І. Бактеріальні препарати – шлях до органічного виробництва. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2017. № 9. С. 17–23.

3. Жуйков О. Г., Лагутенко К. В. Горох посівний в Україні – стан, проблеми, перспективи. *Таврійський науковий вісник: землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. Херсон, 2017. № 98. С. 65–70.

4. Артиш В. І. Особливості органічного агро-виробництва в концепції сталого розвитку АПК України. *Економіка АПК*. 2012. № 7. С. 19–23.

5. Кірізій Д. А. Фотосинтез і ріст рослин в аспекті донорно-акцепторних відносин. Київ : Логос, 2004. 192 с.

6. Шадчина Т. М., Гуляев Б. І., Кірізій Д. А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин : фізіологічні та екологічні аспекти. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.

7. Стамбульська У. Я. Вплив місцевих штамів азотфіксуючих бульбочкових бактерій на деякі біохімічні показники рослин гороху. *Біологічні системи*. 2016. Т. 8. Вип. 1. С. 40–47.

8. Мазур В. А., Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Агрологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 192 с.

9. Данильченко О. М., Бутенко А. О., Радченко М. В. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 19–22.

10. Пида С. В., Конончук О. Б., Тригуба О. В., Гурська О. В. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобіофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona Medic*). *Агробіологія* : зб. наук. праць Білоцерків. нац. аграр. ун-т. 2021. № 1. С. 115–121.

11. Калитка В. В., Капінос М. В. Вплив регуляторів росту рослин і біопрепаратів на продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах південного степу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 1 (210). С. 38–46.

12. Чинчик О. С. Вплив обробки насіння біопрепаратами на тривалість вегетаційного періоду та урожайність сортів гороху. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 74–78.

13. Бойко Я. О. Фізіологічне обґрунтуванням інтегрованої дії біологічно активних речовин у посівах гороху озимого : дис. ... док. філософії : 201. Умань. 2021. 254 с.

14. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*. 1987. 148. P. 350–382.

15. Казаков Є. О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 272 с.

16. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

17. Кочубей С. М., Бондаренко О. Ю., Шевченко В. В. Фотосинтез. Т. 1. Структурна організація і функціональні особливості світлової фази фотосинтезу. Київ : Логос, 2014. 384 с.

References

1. Tkachuk O. O., Shevchuk O. A. (2018). Perspektyvy vykorystannia rehuliatoriv rostu roslyn stymuliuiochoi dii [Prospects for the use of plant growth regulators with a stimulating effect]. *Aktualni pytannia heohrafichnykh, biolohichnykh ta khimichnykh nauk : osnovni naukovi problemy ta perspektyvy doslidzhennia : zb. nauk. prats VDP*. Vinnytsia, 2018. S. 46–48. [in Ukrainian]

2. Pshychenko O. I. (2017). Bakterialni preparaty – shliakh do orhanichnoho vyrobnytstva [Bacterial preparations are the way to organic production]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*. № 9. S. 17–23. [in Ukrainian]

3. Zhuikov O. H., Lahutenko K. V. (2017). Horokh posivnyi v Ukraini – stan, problemy, perspektyvy [Peas for sowing in Ukraine – condition, problems, prospects]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: zemlerobstvo, roslynnnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannnytstvo*. Kherson, № 98. S. 65–70. [in Ukrainian]

4. Artysh V. I. (2012). Osoblyvosti orhanichnoho ahrovyrobnytstva v kontseptsii staloho rozvytku APK Ukrainy [Peculiarities of organic agricultural production in the concept of sustainable development of agricultural industry

of Ukraine]. *Ekonomika APK*. № 7. S. 19–23. [in Ukrainian]

5. Kirizii D. A. (2004). Fotosyntezy i rist roslyn v aspekti donorno-aktseptornykh vidnosyn [Photosynthesis and plant growth in the aspect of donor-acceptor relations]. Kyiv : Lohos. 192 s. [in Ukrainian]

6. Shadchyna T. M., Huliiayev B. I., Kirizii D. A. (2006). Rehuliatsiia fotosyntezy i produktyvnist roslyn : fiziolohichni ta ekolohichni aspekty [Regulation of photosynthesis and plant productivity: physiological and ecological aspects]. Kyiv : Fitosotsiotsentr. 384 s. [in Ukrainian]

7. Stambulska U. Ya. (2016). Vplyv mistsevykh shtamiv azotfiksuiochykh bulbochkovykh bakterii na deiaki biokhimichni pokaznyky roslyn horokhu [Influence of local strains of nitrogen-fixing nodule bacteria on some biochemical parameters of pea plants]. *Biolohichni systemy*. T. 8. Vyp. 1. S. 40–47. [in Ukrainian]

8. Mazur V. A., Honcharuk I. V., Pansyryeva H. V., Telekalo N. V. (2020). Ahroekolohichne obgruntuвання tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia zernobobovykh kultur : monohrafiia [Agroecological substantiation of technological methods of growing leguminous crops: monograph]. Vinnytsia : TOV «TVORY». 192 s. [in Ukrainian]

9. Danylchenko O. M., Butenko A. O., Radchenko M. V. (2020). Produktyvnist sochevytsi zalezhno vid inokuliatcii nasinnia ta mineralnoho zhyvlennia v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity of lentils depending on seed inoculation and mineral nutrition in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskooho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. № 2. S. 19–22. [in Ukrainian]

10. Pyda S. V., Kononchuk O. B., Tryhuba O. V., Hurska O. V. (2021). Efektyvnist zastosuвання mikrobiolohichnykh preparativ Ryzobiofit ta Ryzohumin za biometrychnymi pokaznykamy bobiv (*Faba bona Medic*). [The effectiveness of the use of microbiological preparations Rhizobophyt and Rhizogumin according to the biometric indicators of beans (*Faba bona Medic*).]. *Ahrobiolohiia : zb. nauk. prats Bilotserkiv. nats. ahrar. un-t*. № 1. S. 115–121. [in Ukrainian]

11. Kalytka V. V., Kapinos M. V. (2015). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn i biopreparativ na produktyvnist horokhu posivnoho (*Pisum sativum* L.) v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy [The influence of plant growth regulators and biological preparations on the productivity of seed pea (*Pisum sativum* L.) in the conditions of the southern steppe of Ukraine.]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. № 1 (210). S. 38–46. [in Ukrainian]

12. Chynchuk O. S. (2015). Vplyv obrobky nasinnia biopreparatamy na tryvalist vechetatsiinoho periodu ta urozhainist sortiv horokhu [The influence of seed treatment with biological preparations on the duration of the growing season and the yield of pea varieties]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vyp. 81. S. 74–78. [in Ukrainian]

13. Boiko Ya. O. (2021). Fiziolohichne obgruntuvanniam intehrovanoi dii biolohichno aktyvnykh rehovyn u posivakh horokhu ozymoho [Physiological substantiation of the integrated action of biologically active substances in winter pea crops] : dys. ... dok. filosofii : 201. Uman. 254 s. [in Ukrainian]

14. Lichtenthaler H. K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148. P. 350–382. [in Great Britain]

15. Kazakov Ye. O. (2000). Metodolohichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziolohii roslyn [Methodological foundations of setting

up an experiment on plant physiology.]. Kyiv : Fitosotsiotsentr. 272 s. [in Ukrainian]

16. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. K.: ZAT «Nichlava». 320 s. [in Ukrainian]

17. Kochubei S. M., Bondarenko O. Yu., Shevchenko V. V. (2014). Fotosynteza. T. 1. Strukturna orhanizatsiia i funktsionalni osoblyvosti svitlovoi fazy fotosyntezy [Photosynthesis. T. 1. Structural organization and functional features of the light phase of photosynthesis]. Kyiv : Lohos. 384 s. [in Ukrainian]



О. А. Шевчук,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри біології
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: shevchukoksana8@gmail.com



О. О. Ходаніцька,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біології
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: olena.khodanitska@gmail.com



О. О. Ткачук,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри біології
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: ovin8@ukr.net



О. А. Матвійчук,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри біології
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: moavinni@gmail.com



С. В. Поливаний,
кандидат біологічних наук,
доцент кафедри біології
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: stepan.polivaniy@ukr.net



І. О. Степаненко,
асистент кафедри біології
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: Innas.biologia@gmail.com

ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН КАПУСТИ КОЛЬРАБІ ЗА ДІЇ РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ

У статті розглянуто вплив різних за механізмом дії регуляторів росту, а саме гумінових препаратів (Вимпел-2 та Вермісол) і синтетичного аналога природного фітогормону Епіну-Екстра на схожість насіння, особливості ростових процесів і продуктивність рослин капусти кольрабі.

Дослідження проводилися на рослинах капусти кольрабі сорту Віденська біла. Передпосівне намочування насіння (8 год.) проводили водними розчинами Епіну-екстра (1 мл/л), Вермісолу (0,05 %), Вимпелу-2 (0,5 %). Контрольний варіант – насіння намочували у дистильованій воді. Обробку розсади регуляторами росту рослин виконували у фазі другого справжнього листка.

У процесі досліджень визначено схожість та енергію проростання насіння, біометричні показники проростків та розсади, площу листової поверхні, кількість листків, масу стеблоплоду, здійснено фенологічні спостереження.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння капусти кольрабі сорту Віденська біла препаратами Вимпел-2, Вермісол та Епін-Екстра сприяла підвищенню схожості насіння. За обробки препаратом Епін-Екстра лабораторна схожість насіння підвищувалася на 3 %, а за використання препарату Вермісол – на 2 %. Рістрегулюючі препарати викликали підвищення показника енергії проростання у насінні рослин капусти кольрабі, зокрема, Епін-Екстра – на 11 %, Вермісол – на 10 %, а Вимпелу-2 – на 9 %.

Встановлено, що рістрегулюючі препарати зумовили зміни у морфогенезі проростків капусти кольрабі. За передпосівної обробки насіння препаратом Епін-Екстра гіпокотиль капусти подовжувався на 2,2 см, за використання гумінових препаратів (Вимпел-2 та Вермісол) – на 1,7 та 1,9 см відповідно. Препарати сприяли більшій довжині головного кореня сходів. За передпосівної обробки насіння та обробки рослин у фазу другого справжнього листка регуляторами росту надалі у розсади покращувалися ростові процеси, збільшувалися діаметр стебла кореневої шийки, кількість листків та площі листової поверхні. Виявлено, що за використання Епін-Екстра висота рослин зростала на 29,5 %, Вимпел-2 – на 24 %, а Вермісолом – на 13,7 %. За дії препаратів Епін-екстра, Вермісол та Вимпел-2 діаметр стебла біля кореневої шийки зростав відповідно на 52 %, 39%, та 22 %.

Рістрегулюючі препарати здійснювали позитивний вплив на формування листової поверхні рослин капусти кольрабі, завдяки більшій кількості листків та їх площі. Найкращий ефект щодо дії регуляторів росту на площу асиміляційної поверхні лисків капусти кольрабі був виявлений за використання препарату Епін-Екстра.

Встановлено, що найбільш доцільним є застосування на рослинах капусти кольрабі сорту Віденська біла гумінового препарату Вимпелу-2 та синтетичного аналогу фітогормонів Епін-Екстра, які сприяють збільшенню маси стеблоплодів на 7 % та 13 % відповідно.

Ключові слова: Епін-екстра, Вимпел-2, Вермісол, морфогенез, капуста кольрабі.

O. A. Shevchuk,

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

O. O. Khodanitska,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

O. O. Tkachuk,

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

O. A. Matviichuk,

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

S. V. Polyvaniy,

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Biology
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

I. O. Stepanenko,

Assistant Professor at the Department of Biology
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

PRODUCTIVITY OF KOHLRABI PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF GROWTH REGULATORY PREPARATIONS

The article presents the results of research on the effect of growth regulators with different mechanisms of action, in particular, humic preparations (Vypmel-2 and Vermisol) and a synthetic analog of the natural phytohormone Epin-Extra, on seed germination, features of growth processes and the productivity of kohlrabi cabbage plants.

The research was carried out on cabbage plants of the Widenska bila variety. Pre-sowing soaking of seeds (8 hours) was carried out with aqueous solutions of Epin-extra (1 ml/l), Vermisol (0.05%), Vimpel-2 (0.5%). The control variant of the seeds was soaked in distilled water. Treatment of seedlings with plant growth regulators was carried out in the phase of 2 true leaves.

During the research, the seed germination and germination energy, biometric indicators of seedlings and young plants, the area of the leaf surface, the number of leaves, the weight of the stem, and phenological observations were studied.

It was established that the pre-sowing treatment of kohlrabi cabbage seeds of the Widenska bila variety with the preparations Vimpel-2, Vermisol, and Epin-Extra led to increasing seed germination. Treatment with the drug Epin-Extra increased the laboratory germination of seeds by 3%, and when using the drug Vermisol – by 2% compared to the control. Growth regulators led to an increase in the germination energy of the kohlrabi cabbage seeds. The growth-regulating preparations caused the rise in the germination energy of kohlrabi cabbage seeds, in particular, Epin-Extra – by 11%, Vermisol – by 10%, and Vimpel-2 – by 9%.

It was found that growth regulators caused changes in the morphogenesis of cabbage seedlings. Under the influence of pre-sowing treatment of seeds with Epin-Extra, the hypocotyl length of cabbage increased by 2.2 cm; when using humic preparations (Vypmel-2 and Vermisol) – by 1.7 and 1.9 cm respectively. The drugs caused elongation of the main root of the seedlings.

Under the influence of the pre-sowing treatment of seeds and treatment of plants in the phase of the second true leaf with growth regulators, the growth processes in seedlings improved, and the diameter of the stem of the root neck, the number of leaves, and the leaf surface area were increased. It was established that the height of plants increased by 29.5% because of the use of Epin-Extra treatment, Vimpel-2 – by 24%, and Vermisol – by 13.7%. The diameter of the stem at the root neck increased by 52%, 39%, and 22%, respectively, through the action of Epin-extra, Vermisol, and Vimpel-2.

Growth-regulating drugs make a positive influence on the formation of the foliar surface of kohlrabi cabbage plants due to the increase in the number of leaves and their surface area. The maximum effect of the influence of growth regulators on the area of the assimilation surface of kohlrabi cabbage leaves was detected with the use of the drug Epin-Extra.

It was established that the use of the humic preparation Vimpel-2 and the synthetic analog of the phytohormones Epin-Extra on Widenska Bila cabbage plants was the most effective, the drugs led to an increase in yield by 7% and 13%, respectively.

Key words: Epin-extra, Vimpel-2, Vermisol, morphogenesis, kohlrabi cabbage.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день на українському овочевому ринку підвищуються вимоги до якісних показників продукції [1]. Великими темпами збільшується популярність щодо екологічно чистої овочевої продукції. Тому у галузі рослинництва, зокрема овочівництва, відбувається стрімкий розвиток органічного виробництва. Перед науковцями ставляться завдання розробки елементів технологій для отримання органічної продукції з використанням екологічно безпечних препаратів як для обробки насіння, так і в період вегетації культур. В овочівництві це питання стоїть більш гостро порівняно з іншими галузями, оскільки значну частину овочів споживають у свіжому вигляді [2].

Без застосування сучасних засобів хімізації сільського господарства неможливе отримання високого врожаю найрізноманітніших культур. Поряд з використанням мінеральних та органічних добрив, гербіцидів та пестицидів, засобів захисту рослин, велике значення має і застосування регуляторів росту рослин.

Сучасні регулятори росту рослин є невід'ємними для підвищення схожості та енергії проростання насіння, вони здатні підвищувати імунність рослин, стійкість до несприятливих умов росту у стресових ситуаціях, прискорювати цвітіння, плодоношення, підвищувати врожайність, забезпечувати екологічну чистоту врожаю. Все це робить регулятори росту рослин просто незамінними при вирощуванні сільськогосподарських культур, як у великих сільськогосподарських підприємствах, так і в особистій практиці садівників-любителів, на особистих присадибних ділянках [3, 4].

Кольрабі – соковитий і дещо солодкий овоч, що нагадує за смаком качан білокачанної капусти. Він збагачує наш раціон із квітня по жовтень і робить неоціненний внесок для здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Одним із резервів підвищення врожайності та покращення якості продукції овочівництва є використання мікробіологічних технологій, які вже запроваджено у багатьох країнах світу. В останні роки в світовій практиці все ширше застосовують препарати, за допомогою яких можна штучно регулювати ріст рослин і, як наслідок, підвищити врожайність і збільшити частку овочів у харчуванні населення [5]. Використання рістрегулюючих препаратів дозволяє регулювати важливі фізіологічні процеси, що відбуваються в рослинних організмах, впливати на підвищення врожайності та поліпшення якості продукції, найбільш повно реалізувати потенціальні можливості сортів, закладені в геномі природою і в результаті підбору батьківських пар [6].

Досліджена дія рістрегулюючих препаратів на різних овочевих рослинах: огірок [7, 8], помідор [9], гарбузи [10], салат [11], квасоля [12]. Аналіз літературних даних свідчить, що препарати на основі фітогормонів та їх синтетичні аналоги покращують ростові процеси молодих рослин, формування фотосинтетичного апарату та

впливають на анатомічну організацію листків, що сприяє більшій продуктивності культур.

Мета статті – дослідження якості розсади та продуктивності рослин капусти кольрабі сорту Віденська біла за використання гумінових препаратів – Вимпел-2 та Вермісол і синтетичного аналога природного фітогормону Епін-Екстра.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2021–2022 рр. на рослинах капусти кольрабі сорту Віденська біла після обробки насіння та розсади морфорегуляторами. Передпосівне намочування насіння (впродовж 8 год.) проводили наступними препаратами: Епін-екстра (1 мл/л), Вермісол (0,05 %), Вимпел-2 (0,5 %). Контрольний варіант – насіння намочували у дистильованій воді. Насіння (100 шт.) пророщували у термостаті за температури +20°C на фільтрувальному папері у чашках Петрі. Обробку розсади здійснювали на фазі 2-го справжнього листка. 50-денну розсаду пересаджували в поле у III декаді квітня, за схемою розміщення рослин (40+100)×20 см. Площа облікової ділянки – 10 м². Повторність досліду чотириразова.

Здійснювали фенологічні спостереження, морфометричні вимірювання, аналізи та обліки за методиками Г.Л. Бондаренко та К.І. Яковенко [13], облік урожаю – ваговим методом. Результати досліджень оброблені статистично за методикою Б.О. Доспехова та за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6.0» [14].

Результати дослідження та їх обговорення. Відомо, що схожість насіння характеризується кількістю нормально пророслого насіння за певний строк за оптимальних умов пророщування.

Передпосівна обробка насіння капусти гуміновими препаратами (Вимпел-2 та Вермісол) та синтетичним аналогом природного фітогормону (Епін-Екстра) викликала підвищення схожості насіння (рис. 1, рис. 2). Так, за обробки препаратом Епін-Екстра лабораторна схожість насіння капусти підвищувалася на 3 %, а за використання препарату Вермісол – на 2 % (рис. 2). Найменша ефективність спостерігалася після обробки препаратом Вимпел-2. У цьому варіанті лабораторна схожість підвищився лише на 1 %.

Застосовані нами рістрегулюючі препарати викликали підвищення показника енергії проростання насіння рослин капусти кольрабі. Так, при використанні препаратом Епін-Екстра даний показник збільшувався на 11 %, за обробки насіння препаратом Вермісолом енергія проростання підвищувалася на 10 %, а за дії Вимпелу-2 – 9 %.

Нами були проведені фенологічні спостереження за розвитком сходів капусти кольрабі сорту Віденська біла і відмічено, що фаза першого справжнього листка у рослин кольраби настала на десяту добу як у контрольному варіанті, так і після застосування Епіну-Екстра. За передпосівної обробки насіння гуміновими препаратами Вимпелом-2 та Вермісолом дану фазу відмічено – відповідно через 8 і 9 діб. У контрольному

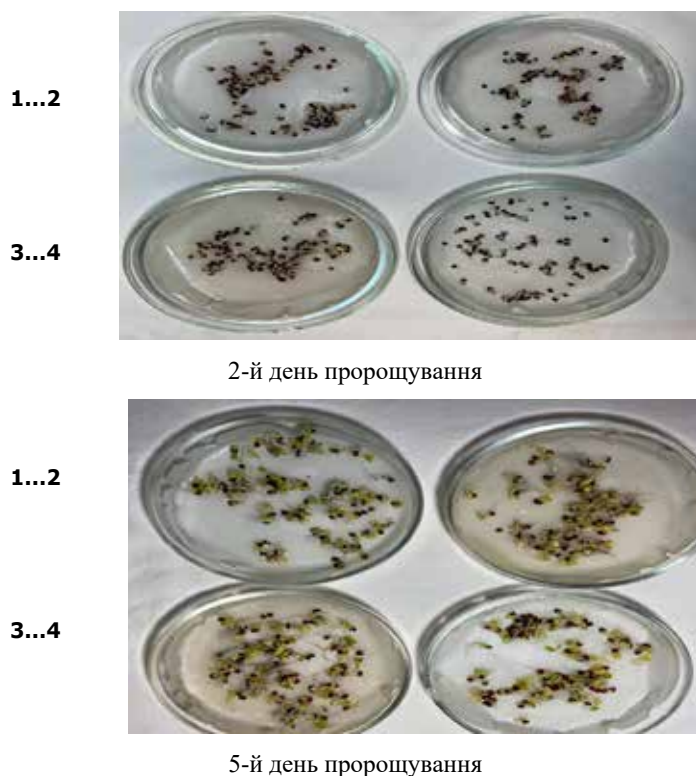


Рис. 1. Дія рістрегулюючих препаратів на проростання насіння капусти кольрабі сорту Віденська біла: 1 – Вимпел-2 (0,5%); 2 – Епін-екстра (1 мл/л); 3 – Вермісол (0,05%); 4 – контроль

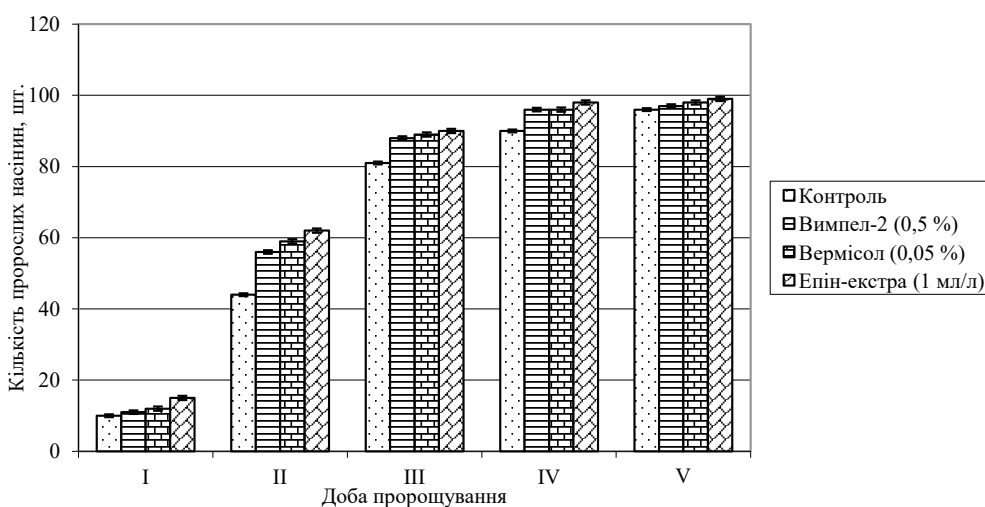


Рис. 2. Лабораторні схожість насіння капусти кольрабі сорту Віденська біла за використання регуляторів росту рослин

варіанті настання фази третього справжнього листка наставала на 24 добу. Після обробки препаратами формування третього справжнього листка було ранішим за контроль, а саме, у варіанті із застосуванням Епін-Екстра на 5 діб, а за використання препаратів Вимпел-2 та Вермісол – на 4 доби.

Важливими показниками продукційного процесу овочевих культур є їх ріст і розвиток. Під час проведення аналізу морфометричних показників проростків капусти кольрабі сорту Віденська біла

було виявлено, що рістрегулюючі препарати викликали зміни у морфогенезі досліджуваної культури.

Встановлено, що препарати рістрегулюючого впливу викликали подовження гіпокотіля сходів капусти кольрабі (рис. 3). За передпосівної обробки насіння синтетичним аналогом природного фітогормону (Епін-Екстра) гіпокотиль капусти подовжувався на 2,2 см, за використання гумінових препаратів (Вимпел-2 та Вермісол) – на 1,7 та 1,9 см відповідно у порівнянні з контролем. Відмічено, що

рістрегулюючі препарати також і сприяли подовженню головного кореня проростків досліджуваної культури (рис. 4). За впливу препарату Епін-Екстра довжина головного кореня збільшувалася на 4 см, за використання препарату Вимпел-2 – на 3,1 см, а за дії Вермісолу – на 2 см.

Досліджувані препарати сприяли інтенсивному відростанню бічних коренів у рослин капусти кольрабі. Проте, слід зазначити, що найвища інтенсивність формування бічних коренів спостерігалася у варіанті із застосуванням гумінового препарату Вермісолу.

Встановлено, що рістрегулюючі препарати здійснювали вплив на морфогенез розсади капусти кольрабі (табл. 1). Аналіз якісного стану розсади капусти кольрабі сорту Віденська біла вказав на позитивну дію всіх застосованих пре-

паратів. За передпосівної обробки насіння та обробки рослин у фазу 2-х листків регуляторами росту покращувалися ростові процеси, збільшувався діаметр стебла кореневої шийки, зростала кількість листків та збільшувався показник площі листової поверхні.

Щодо застосування у фазу 2-х листків гумінових препаратів (Вимпел-2 та Вермісол) та синтетичного аналогу природного фітогормону (Епін-Екстра) на морфобіологічні характеристики рослин капусти кольрабі встановлено, що найбільшу висоту мали рослини у варіантах застосування препаратів Епін-екстра (1 мл/л) – $12,3 \pm 0,02$ см, Вимпел-2 (0,5 %) – $11,8 \pm 0,01$ см і Вермісол (0,05 %) – $10,8 \pm 0,02$ см, а у контрольному варіанті – $9,5 \pm 0,02$ см, що на 2,8; 2,3; 1,3 см менше відповідно (табл. 1).

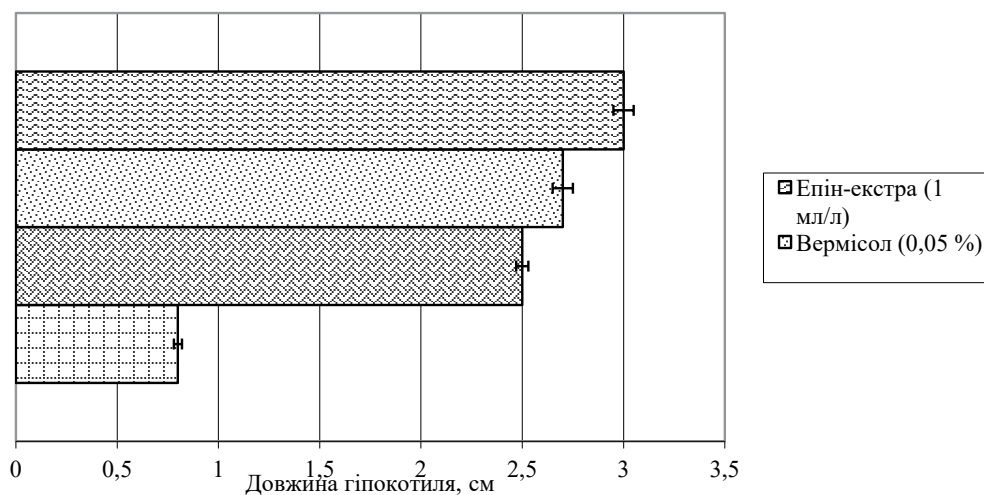


Рис. 3. Дія рістрегулюючих препаратів на довжину гіпокотіля капусти кольрабі

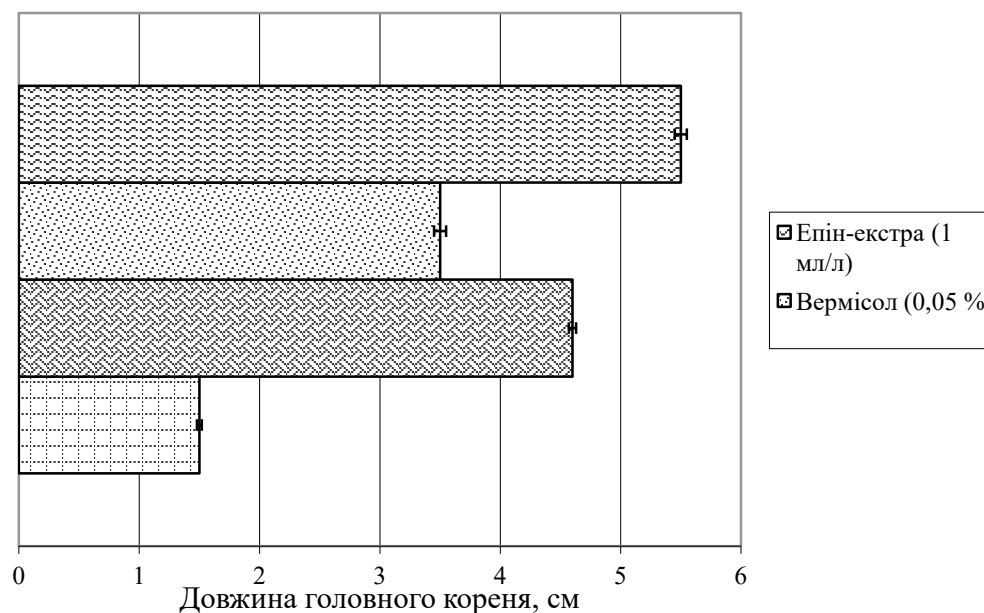


Рис. 4. Дія рістрегулюючих препаратів на довжину головного кореня капусти кольрабі

Морфобіологічна характеристика розсади капусти кольрабі сорту Віденська біла за дії рістрегулюючих препаратів

Варіант	Висота рослин, см	Діаметр стебла біля кореневої шийки, см	Кількість листків, шт.	Площа листків, см ²
Контроль	9,5±0,02	0,23±0,012	5,0±0,01	140±2,12
Вимпел-2 (0,5 %)	11,8±0,01*	0,28±0,010*	6,0±0,02*	187±4,24*
Вермісол (0,05 %)	10,8±0,02*	0,32±0,011*	5,5±0,01*	168±6,02*
Епін-екстра (1 мл/л)	12,3±0,02*	0,35±0,012*	6,5±0,02*	234±8,14*

Примітка: 1. Дослідження проводилися на 30-ту добу після обробки; 3. * – різниця між контролем і дослідом достовірна для $P \leq 0,05$.

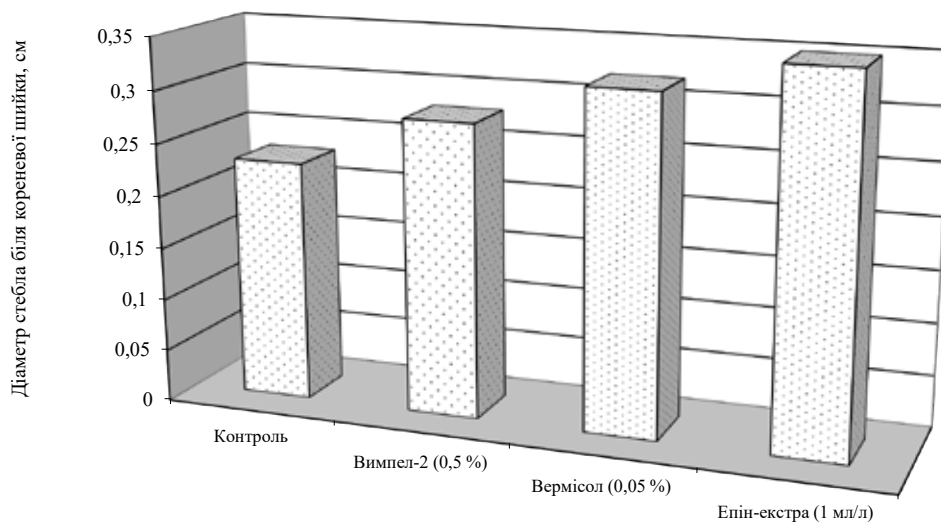


Рис. 5. Діаметр стебла кореневої шийки у рослин капусти кольрабі сорту Віденська біла за використання рістрегулюючих препаратів

Отже, за дії препарату Епін-Екстра висота рослин зростала на 29,5 %, за використання препарату Вимпел-2 – на 24 %, а за обробки Вермісолом – на 13,7 %.

Всі досліджувані препарати потовщували стебло рослин капусти кольрабі (рис. 5). Найбільші діаметри стебла біля кореневої шийки виявлені у рослин, які оброблялися препаратами Епін-екстра (1 мл/л) та Вермісол (0,05 %) – відповідно 0,35±0,012 см та 0,32±0,011 см. Дещо меншим був цей показник у варіанті з використанням препарату Вимпел-2 (0,5 %). Він складав 0,28±0,010 см. Отже, за дії препарату Епін-екстра діаметр стебла біля кореневої шийки зростає на 52 %, за використання препарату Вимпел-2 – на 22 %, а за обробки Вермісолом – на 39 %.

Одним із найбільш вагомих показників, який характеризує стан рослин і свідчить про ефективність застосування того чи іншого елемента технології вирощування є площа листової поверхні.

Нашими дослідженнями виявлено, що рістрегулюючі препарати здійснювали позитивний вплив на формування листової поверхні рослин капусти кольрабі, тобто призводили до збільшення кількості листків та площі асиміляційної поверхні (табл. 1, рис. 6, рис. 7). Відмічено, що інтенсивніше наростання листків у капусти кольрабі відбувалося за дії препаратів Епін-Екстра та Вимпелу-2. Так, за період від 30 до 60-ї доби

їх кількість зросла на 6 і 7 шт./рослину, тоді як у контрольному варіанті – на 4 шт./рослину.

Найкращий ефект щодо дії регуляторів росту на площу асиміляційної поверхні листків капусти кольрабі був виявлений за використання препарату Епін-Екстра. Так, площа листків за період від 30 до 60 діб підвищилася на 94 см²/рослину. Гумінові препарати також показали позитивну дію, проте дещо нижчу, ніж фітогормон. Так, за впливу Вимпелу-2 площа листків за вищевказаний період зросла на 47 см²/рослину, а за дії Вермісолом – на 28 см²/рослину, у порівнянні з контролем.

Спостереження за темпами проходження основних фенологічних фаз розвитку рослин капусти кольрабі у відкритому ґрунті з сортом Віденська біла показали, що у контрольному варіанті тривалість періоду від сходів до початку утворення стеблоплоду становила 64 доби, вегетаційний період близько 83 діб (табл. 2).

Передпосівне намочування насіння та обприскування рослин регулятором росту Епін-Екстра на три доби прискорило фазу утворення стеблоплоду та на дві доби вегетаційний період, тоді як у варіантах зі Вимпел-2 та Вермісол період настання цих фаз менший лише на добу. Тривалість плодоношення у контрольному варіанті 7 діб, у варіантах із регуляторами росту період тривав на дві-три доби більше.

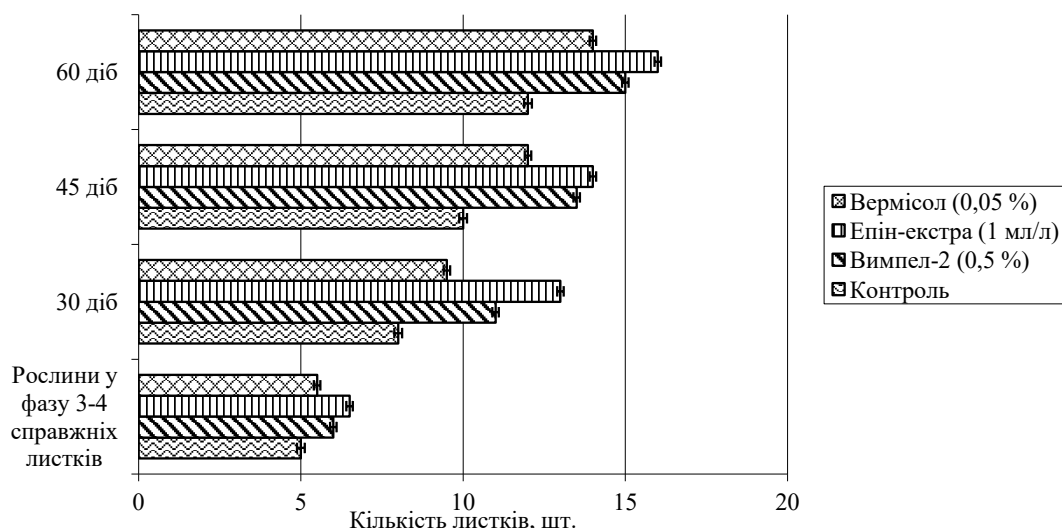


Рис. 6. Динаміка наростання листкової поверхні капусти кольрабі після висаджування розсади у відкритий ґрунт за використання рістрегулюючих препаратів, шт.

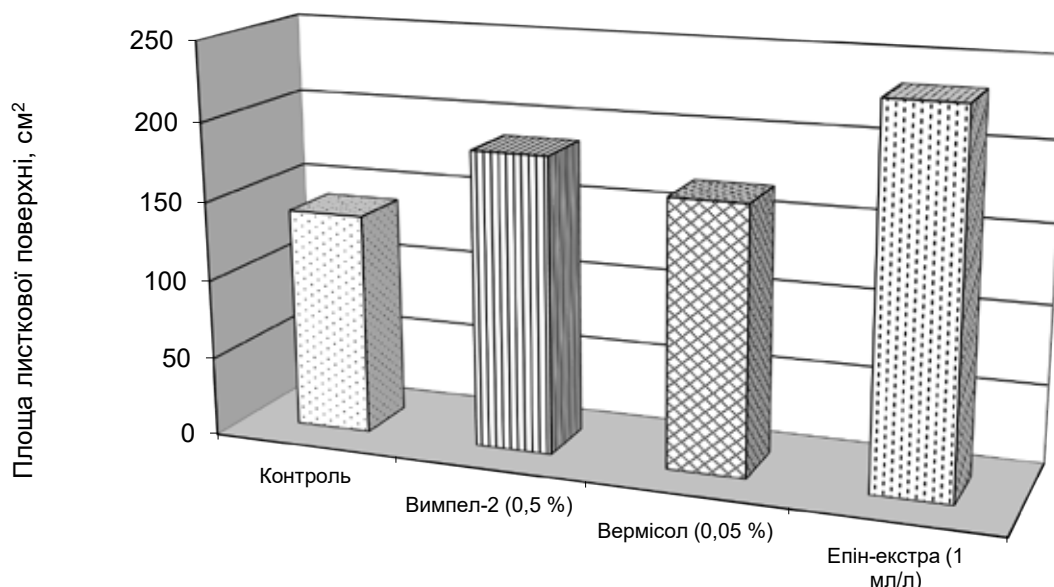


Рис. 7. Площа листкової поверхні у рослин капусти кольрабі сорту Віденська біла за використання рістрегулюючих препаратів, см²/рослину

Таблиця 2

Тривалість основних фенологічних фаз розвитку рослин капусти кольрабі сорту Віденська біла

Варіант	Сходи-початок утворення стеблплоду, діб	Веgetаційний період, діб	Тривалість технічної стиглості стеблплоду, діб
Контроль	64	83	7
Вимпел-2 (0,5 %)	63	82	9
Вермісол (0,05 %)	63	82	9
Епін-екстра (1 мл/л)	61	81	10

Покращення посівних якостей насіння, посилення ростових процесів, підвищення якості розсади за використання рістрегулюючих препаратів призводило до підвищення продуктивності рослин капусти кольрабі сорту Віденська біла (табл. 3).

Встановлено, що за дії препарату Епін-Екстра маса стеблплоду капусти кольрабі зростала на 13 %, за обробки препаратом Вимпел-2 – на 7 %. Однак, застосування препарату Вермісолу не призвело до достовірного збільшення маси стеблплодів.

Таблиця 3
**Вплив рістрегулюючих препаратів
 на продуктивність рослин капусти кольрабі
 сорту Віденська біла**

Варіант	Маса стеблоплоду, г
Контроль	149,5±0,62
Вимпел-2 (0,5 %)	159,3±0,20*
Вермісол (0,05 %)	150,2±0,50
Епін-екстра (1 мл/л)	168,8±0,42*

Примітка: 1. * – різниця між контролем і дослідом достовірна для $P \leq 0,05$.

Висновки. За передпосівної обробки насіння та сходів у фазу другого справжнього листка регуляторами росту у розсади покращувалися ростові процеси, збільшувався діаметр стебла кореневої шийки, зростала кількість листків та збільшувався показник площі листкової поверхні. Виявлено, що за дії препарату Епін-Екстра висота рослин зростала на 29,5 %, за використання препарату Вимпел-2 – на 24 %, а за обробки Вермісолом – на 13,7 %.

Рістрегулюючі препарати здійснювали позитивний вплив на формування листкової поверхні рослин капусти кольрабі, тобто призводили до збільшення кількості листків та площі асиміляційної поверхні. Найкращий ефект щодо дії регуляторів росту на площу асиміляційної поверхні листків капусти кольрабі був виявлений за використання препарату Епін-Екстра.

Встановлено, що найбільш доцільним є застосування на рослинах капусти кольрабі сорту Віденська біла гумінового препарату Вимпелу-2 та синтетичного аналогу фітогормонів Епін-Екстра, які сприяють збільшенню маси стеблоплодів на 7 % та 13 % відповідно.

Література

1. Яровий Г. І., Романов О. В. Овочівництво : навчальний посібник. Харків : ХНАУ, 2017. 376 с.
2. Ковтунюк З. І., Наклюка О. П. Слободяник Г. Я. Динаміка наростання біометричних показників рослин капусти кольрабі під дією регуляторів росту. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 103. С. 69–74.
3. Федорчук С. В. Ефективність регуляторів росту, хімічних і біологічних препаратів проти *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans* картоплі. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 2. С. 116–123.
4. Яшук В. У., Дульнев П. Г., Ковбасенко Р. В., Фурман В. А., Ковбасенко В. М. Фітогормони в овочівництві. *Захист і карантин рослин*. 2012. Вип. 58. С. 288–292.
5. Шевчук О. А., Ходаницька О. О., Ткачук О. О., Матвійчук О. А., Поливаний С. В. Регуляція ростових процесів і продуктивність рослин огірка за використання регуляторів росту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. №1. С. 3–8.
6. Shevchuk O. A., Kravets O. O., Shevchuk V. V. and et. Features of leaf mesostructure organization

under plant growth regulators treatment on broad bean plants. *Modern Phytomorphology*. 2020. 14. P. 104–106.

7. Бурдейна В. О., Поляк А. В., Кравчук В. О. та ін. Вплив регуляторів росту рослин епіну та гетероауксину на насінневу продуктивність рослин огірка. *Nauka i studia*. 2017. Т. 1, Вип. 4. С. 36–38.

8. Кравчук А. О., Бурдейна В. О., Поляк А. В. та ін. Насіннева продуктивність рослин огірка за дії регуляторів росту рослин реактиму та бурштинової кислоти. *News of science and education*. 2017. Т. 2, № 8. P. 46–48.

9. Григоришин В. В., Лукінова Г. О., Жалюк В. П. та ін. Дія препаратів «Корневін» та «Циркон» на схожість насіння томатів. *Современый научный вестник*. 2017. № 3 (9). С. 62–64.

10. Ходаницька О. О., Бандурка Н. Г. Особливості проростання насіння кабачка під впливом регуляторів росту. «Найновітє постиження на європейската наука – 2019»: Матеріали за XV міжнародна научна практична конференція. 2019. Vol. 11. С. 6–8.

11. Ткачук О. О., Шевчук О. А. Вплив циркону на проростання насіння салату сорту Азарт. «Actual problems of science and practice» : The 14 th International scientific and practical conference. Stockholm, Sweden. 2020. С. 604–606.

12. Шевчук О. А., Ткачук О. О., Ходаницька О. О. та ін. Морфо-біологічні особливості культури *Phaseolus vulgaris* L. за дії регуляторів росту рослин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. №1. С. 3–8.

13. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.

14. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник. Київ: Кондор, 2003. 192 с.

References

1. Yarovyi H. I., Romanov O. V. (2017). Ovochivnytstvo: navchalnyi posibnyk [Ovovichi training manual]. Kharkiv : KhNAU. 376 s. [in Ukrainian].
2. Kovtuniuk Z. I., Nakloka O. P. Slobodianyk H. Ya. (2018). Dynamika narostannia biometrychnykh pokaznykiv roslin kapusty kolrabi pid diieiu rehuliatoriv rostu [The dynamics of growth of biometric indicators of kohlrabi cabbage plants under the influence of growth regulators]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. № 103. S. 69–74. [in Ukrainian].
3. Fedorchuk S. V. (2017). Efektyvnist rehuliatoriv rostu, khimichnykh i biolohichnykh preparativ proty *Alternaria solani* ta *Phytophthora infestans* kartopli [Effectiveness of growth regulators, chemical and biological preparations against *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* of potatoes]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. Vyp. 2. S. 116–123. [in Ukrainian].
4. Yashchuk V. U., Dulniev P. H., Kovbasenko R. V., Furman V. A., Kovbasenko V. M. (2012). Fitohormony v ovochivnytstvi [Phytohormones in vegetable

production]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. Vyp. 58. S. 288–292. [in Ukrainian].

5. Shevchuk O. A., Khodanitska O. O., Tkachuk O. O., Matviichuk O. A., Polyvanyi S. V. (2019). Rehuliatyia rostovykh protsesiv i produktyvnist roslyn ohirka za vykorystannia rehuliatoriv rostu [Regulation of growth processes and productivity of cucumber plants using growth regulators.]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. № 1. S. 3–8. [in Ukrainian].

6. Shevchuk O. A., Kravets O. O., Shevchuk V. V. and et. (2020). Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants. *Modern Phytomorphology*. 14. P. 104–106. [in Ukrainian].

7. Burdeina V. O., Poliak A. V., Kravchuk V. O. ta in. (2017). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn epinu ta heteroauksynu na nasinnievu produktyvnist roslyn ohirka [Influence of growth regulators of epine and heteroauxin plants on seed productivity of cucumber plants]. *Nauka i studia*. T. 1. Vyp. 4. P. 36–38. [in Ukrainian].

8. Kravchuk A. O., Burdeina V. O., Poliak A. V. ta in. (2017). Nasinnieva produktyvnist roslyn ohirka za dii rehuliatoriv rostu roslyn reastymu ta burshtynovoi kysloty [Seed productivity of cucumber plants under the action of plant growth regulators reastim and succinic acid]. *News of science and education*. T. 2. № 8. pp. 46–48. [in Ukrainian].

9. Hryhoryshyn V. V., Lukinova H. O., Zhaliuk V. P. ta in. (2017). Diia preparativ «Kornevin» ta «Tsyron» na skhozhist nasinnia tomativ [The effect of preparations «Kornevin» and «Zircon» on the germination of tomato seeds]. *Sovremenii*

nauchnii vesnyk – Modern scientific journal. № 3 (9). Pp. 62–64. [in Ukrainian].

10. Khodanitska O. O., Bandurka N. H. (2019). Osoblyvosti prorostannia nasinnia kabachka pid vplyvom rehuliatoriv rostu [Features of germination of zucchini seeds under the influence of growth regulators]. «*Nainovyte postyzhennia na evropeiskata nauka – 2019*»: Materials of the XV International Scientific and Practical Conference. Vol. 11. pp. 6–8. [in Ukrainian].

11. Tkachuk O. O., Shevchuk O. A. (2020). Vplyv tsyrkonu na prorostannia nasinnia salatu sortu Azart [The effect of zircon on the germination of seeds of lettuce variety Azart]. «*Actual problems of science and practice*»: The 14 th International scientific and practical conference. Stockholm, Sweden. pp. 604–606. [in Ukrainian].

12. Shevchuk O. A., Tkachuk O. O., Khodanitska O. O. ta in. (2019). Morfo-biologichni osoblyvosti kultury *Rhaseolus vulgaris* L. za dii rehuliatoriv rostu roslyn [Morpho-biological features of the culture of *Phaseolus vulgaris* L. under the action of plant growth regulators]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Bulletin of Uman National University of Horticulture*. №1. pp. 3–8. [in Ukrainian].

13. Bondarenko H. L., Yakovenko K. I. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]. Kharkiv: Osnova. 369 s. [in Ukrainian].

14. Krushelnytska O. V. (2003). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen : navchalnyi posibnyk [Methodology and organization of scientific research: study guide]. Kyiv : Kondor. 192 s. [in Ukrainian].



Б. О. Чецький,
аспірант кафедри плодівництва і виноградарства
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: bogred8@gmail.com

ФІТОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ІНТЕНСИВНИХ НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ

У статті наводяться експериментальні матеріали проведених досліджень щодо росту та фотосинтетичної активності нових сортів яблуні зимових строків достигання. Дослідження проводили у 2017–2020 рр. у яблуневих садах, які були розташовані в саду ФГ «Неофіти» – філії кафедри плодівництва і виноградарства Уманського національного університету садівництва. Об'єктами досліджень були сорти яблуні: Голден Делішес (контроль), Фуджі, Ред Чіф, Флоріна та Джонаголд, щеплені на підщепі М.9 та висаджені у 2014 році за схемою 3,5 x 1 м.

В середньому за період досліджень діаметр стовбура дерев коливався від 50,55 до 67,18 мм, з достовірно вищим показником у сорту Джонаголд та несуттєвою різницею між сортами Фуджі та Ред Чіф. За результатами дисперсійного аналізу виявлено достовірні відмінності в діаметрі плодоніжки залежно від сорту яблуні та року проведення досліджень. Діаметр штамбу дерев сорту Джонаголд був на 8 мм більшим, ніж у контрольного сорту, при значно менших значеннях у дерев інших сортів. Середня довжина пагона дерев яблуні за період досліджень суттєво змінювалася залежно від сорту та року досліджень. Так, у 2017 році значення цього показника переважало у дерев сорту Джонаголд (47,8 см), з несуттєвою різницею між сортами Ред Чіф та Флоріна. У 2018 році середня довжина пагона була вищою у дерев сортів Джонаголд (45,7 см) та Ред Чіф (44,3 см). У 2019–2020 рр. аналогічна тенденція до значущих значень цього показника у цих сортів збереглася. Дисперсійний аналіз показав, що за роки досліджень максимальна середня чиста продуктивність фотосинтезу листків яблуні була досягнута у сорту Джонаголд, що в 1,7 рази перевищувала контрольний сорт та в 1,4 рази – сорт Фуджі. За період досліджень мінімальна середня продуктивність фотосинтезу листків яблуні була виявлена в 2019 році.

Підсумковий аналіз за період досліджень показав, що за діаметром штамбу переважав сорт Джонаголд, а середня довжина пагонів дерев сорту Джонаголд була на 8,6% вищою за контроль, з незначною різницею за вказаним показником у сорту Ред Чіф та мінімальною у сорту Голден Делішес. При цьому чиста продуктивність фотосинтезу листків яблуні досягала максимальних значень у листках сорту Джонаголд,

Ключові слова: яблуня, сорти, фітометричні показники.

B. O. Chetskyi,

Graduate student at the Department of Horticulture and Viticulture
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

PHYTOMETRIC PARAMETERS AND NET PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHESIS OF INTENSIVE APPLE PLANTATIONS

The research was conducted in 2017-2020 in apple orchards, which were located in the garden of FG "Neophytes" - a branch of the Department of Horticulture and Viticulture Uman National University of Horticulture. The objects were apple varieties: Golden Delicious (control), Fuji, Red Chief, Florina and Jonagold, grafted on rootstock M.9 and planted in 2014 according to the scheme 3.5 x 1 m.

On average, during the study period, the diameter of the tree trunk ranged from 50.55 to 67.18 mm, with a significantly higher rate in the Jonagold variety and an insignificant difference between the Fuji and Red Chief varieties. According to the results of the analysis of variance, significant differences in the stem diameter were found depending on the apple variety and the year of research. The diameter of the stem of Jonagold trees was 8 mm higher than that of the control variety, with significantly lower values in trees of other varieties.

The average shoot length of apple trees during the research period varied significantly depending on the variety and year of research. Thus, in 2017, the value of this indicator prevailed in trees of the Jonagold variety (47.8 cm), with an insignificant difference between the Red Chief and Florina varieties. In 2018, the average shoot length was higher in trees of the Jonagold (45.7 cm) and Red Chief (44.3 cm) varieties. In 2019-2020, a similar trend towards significant values of this indicator in these varieties was maintained.

The analysis of variance revealed that during the research the maximum average net productivity of photosynthesis of apple tree leaves was achieved in the Jonagold variety, which was 1.7 times higher than the control variety and 1.4 times higher

than the Fuji variety. During the research period, the minimum average productivity of photosynthesis of apple leaves was found in 2019.

The final analysis for the period of research showed that the Jonagold variety prevailed in terms of stem diameter, and the average shoot length of Jonagold trees was 8.6% higher than the control, with an insignificant difference in the specified indicator of the Red Chief variety and a minimum in the Golden Delicious variety. In this case, the net productivity of photosynthesis of apple tree leaves reached maximum values in the leaves of the Jonagold variety.

Key words: apple, varieties, phytometric indicators.

Постановка проблеми. Застосування сучасних енергоощадних технологій вирощування передбачає використання сорту як засобу виробництва, правильний підбір якого сприяє зниженню затрат на виробництво продукції. Завдання раціонального підбору сортів для вирощування в певних кліматичних умовах вирішують як вітчизняні так і закордонні садівники, підбираючи високотехнологічні сорти яблуні з високими товарними і смаковими властивостями, стійкими до абіотичних факторів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Продуктивний потенціал насаджень яблуні включає показники ефективної взаємодії листового покриву з накопиченням фітомаси кожним деревом та фітоценозом в цілому. До провідних показників відноситься діаметр штамбу, приріст фітомаси, сумарна фітомаса, яка включає отриманий урожай плодів [1].

Так, встановлено, що максимальний добовий приріст діаметра штамбу яблуні зменшується зі збільшенням рівня навантаження плодами [2]. За даними T.L. Robinson, A.N. Lakso, S.G. Carpenter [3] врожайність яблуні сильно корелює з діаметром штамбу дерев. Урожай плодів насаджень яблуні знаходиться в прямій залежності від чистої продуктивності фотосинтезу [4, 5].

Мета досліджень. Визначення фітотричних показників та продуктивності фотосинтезу нових сортів яблуні зимових строків дозрівання.

Методика дослідження. Дослідження проводили у 2017–2020 рр. в насадженнях яблуні, які розміщувалися в саду ФГ «Неофіти» – філіалу кафедри плодівництва та виноградарства Уманського національного університету садівництва. Об'єктами були сорти яблуні: Голден Делішес (контроль), Ред Чіф, Фуджі, Флоріна та Джонаголд, щеплені на підщепі М.9 та висаджені

в 2014 році за схемою 3,5 x 1 м. Кожний варіант включав 15 рослин у чотирикратній повторності. Фітотричні показники вимірювали згідно методичних рекомендацій Інституту садівництва УААН [6]. Діаметр штамбу вимірювали на висоті 30 см над місцем щеплення. Довжину пагонів вимірювали лінійкою від основи пагона до верхівкової бруньки в кінці вегетації, середню довжину визначали із 15 пагонів. Чисту продуктивність фотосинтезу починали визначати через 17–20 діб після цвітіння, коли зав'язь досягала маси 3–5 г за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{S * T}, \text{ '}$$

де: ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу;
S – сумарна площа листя на обліковому пагоні, м² ;
T – час дослід, кількість діб;
B1 – суха маса плодів, пагона і листків на початку дослід, г;
B2 – суха маса плодів, пагона і листків в кінці дослід, г.

Статистичну обробку проводили методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм [6].

Основні результати досліджень. Ріст і розвиток плодового дерева характеризують показники діаметр та приріст штамбу. Дослідженнями встановлено (табл. 1), що найбільший діаметр штамбу у 2017 році був у дерев яблуні сорту Джонаголд – 45,2 мм, натомість аналогічний показник Ред Чіфа серед досліджуваних сортів був мінімальним – 33,8 мм.

У міру росту дерев в наступні роки досліджень діаметр їхнього штамбу поступово збільшувався і сягнув у 2020 р. значення 60,4–82,4 мм. Найбільше значення у цього показника

Таблиця 1

Діаметр та приріст штамбу дерев яблуні залежно від помологічного сорту, мм

Сорт	Показник	Роки				Середнє
		2017	2018	2019	2020	
Голден Делішес (контроль)	діаметр	39,4	58,0	66,4	72,9	59,18
	приріст	-	18,6	8,4	6,5	11,2
Ред Чіф	діаметр	33,8	50,0	55,6	62,8	50,55
	приріст	-	16,2	5,6	7,2	9,7
Фуджі	діаметр	39,7	48,9	53,8	60,4	50,70
	приріст	-	9,2	4,9	6,6	6,9
Флоріна	діаметр	40,1	51,6	58,8	62,4	53,23
	приріст	-	11,5	7,2	3,6	7,4
Джонаголд	діаметр	45,2	65,7	75,4	82,4	67,18
	приріст	-	20,5	9,7	7,0	12,4
НІР ₀₅ діаметр		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
НІР ₀₅ приріст		0,4	0,4	0,4	0,4	0,5

Таблиця 2

Середня довжина пагона дерев яблуні залежно від помологічного сорту, см

Сорт	Роки				Середнє
	2017	2018	2019	2020	
Голден Делішес (контроль)	40,2	38,1	37,5	39,5	38,8
Ред Чіф	46,4	44,3	42,6	46,1	44,8
Фуджі	41,7	40,1	39,4	40,2	40,3
Флоріна	46,3	42,3	41,3	45,1	43,7
Джонаголд	47,8	45,7	44,2	47,0	46,1
НІР ₀₅	1,6	1,6	1,6	1,6	0,9

спостерігалось у дерев сорту Джонаголд – 82,4 мм, тоді як діаметр штамбу дерев сорту Фуджі не перевищував значення 60,4 мм.

В середньому за період досліджень діаметр штамбу дерев коливався в межах 50,55–67,18 мм за істотно вищого показника у сорту Джонаголд та неістотної різниці між сортами Фуджі та Ред Чіф.

За результатами дисперсійного аналізу (рис. 1) встановлено значні відмінності за показником діаметра штамбу залежно від сорту яблуні і року досліджень. Діаметр штамбу дерев сорту Джонаголд на 8 мм перевищував показники контрольного сорту, за значно нижчих значень у дерев інших сортів.

Середня довжина пагона дерев яблуні впродовж періоду досліджень суттєво різнилася залежно від сорту та року досліджень (табл. 2). Так, у 2017 році значення вказаного показника переважало у дерев сорту Джонаголд (47,8 см), за неістотної різниці між сортами Ред Чіф та Флоріна. У 2018 році переваги за середньою довжиною пагона були у дерев сорту Джонаголд (45,7 см) та Ред Чіф (44,3 см). У 2019–2020 рр. зберігалася аналогічна тенденція до істотних значень цього показника у вказаних сортах.

В середньому за роки досліджень середня довжина пагона дерев яблуні сорту Джонаголд на 7,3 см переважала показник контрольного сорту та на 1,3 см – сорту Фуджі.

Дисперсійний аналіз показав достовірний вплив сорту в окремі роки досліджень на середню довжину пагона (рис. 2). Середня довжина пагона дерев сорту Джонаголд за період досліджень на 8,6 % перевищувала аналогічний показник контролю за неістотної різниці за вказаним показником сорту Ред Чіф.

Мінімальні значення за період досліджень виявлені у дерев контрольного сорту Голден Делішес.

У 2017 році середня довжина пагона досліджуваних сортів була найвищою і коливалася в межах 40,2–47,8 см, тоді як у 2019 р. зафіксовані найнижчі значення вказаного показника – 37,5–44,2 см залежно від сорту.

Отже, за період досліджень середня довжина пагона дерев сорту Джонаголд була на 8,6 % вищою проти контролю за неістотної різниці за вказаним показником сорту Ред Чіф та за мінімуму у дерев сорту Голден Делішес.

Дослідження чистої продуктивності фотосинтезу листя (табл. 3) у 2018 році показали значні переваги значення вказаного показника у листках сорту Джонаголд, що в 1,6 рази перевищувало мінімум встановлений у сорту Голден Делішес.

В наступні роки досліджень зберігалася попередня тенденція до мінімальних показників чистої продуктивності листя сорту Голден Делішес, що в 1,8 та в 1,6 рази перевищувала максимум в насадженнях сорту Джонаголд у 2019 та 2020 році відповідно. Чиста продуктивність листя сорту Фуджі була в 1,5 та 1,4 рази нижчою проти аналогічного показника сорту Джонаголд у 2019 та 2020 роках відповідно.

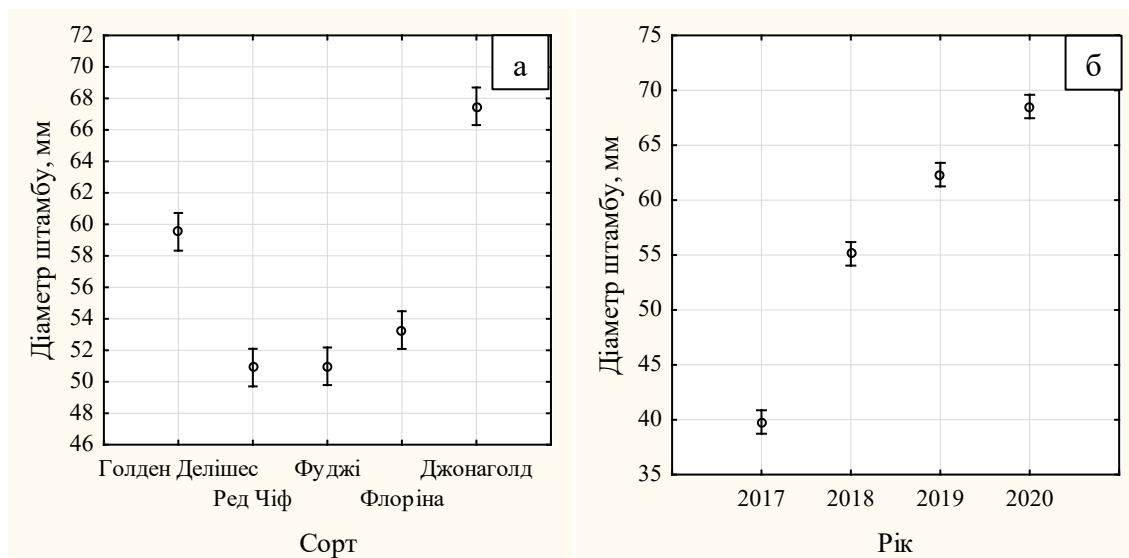


Рис. 1. Діаметр штамбу дерев яблуні залежно від: а – сорту, б – року досліджень (результати дисперсійного аналізу), мм

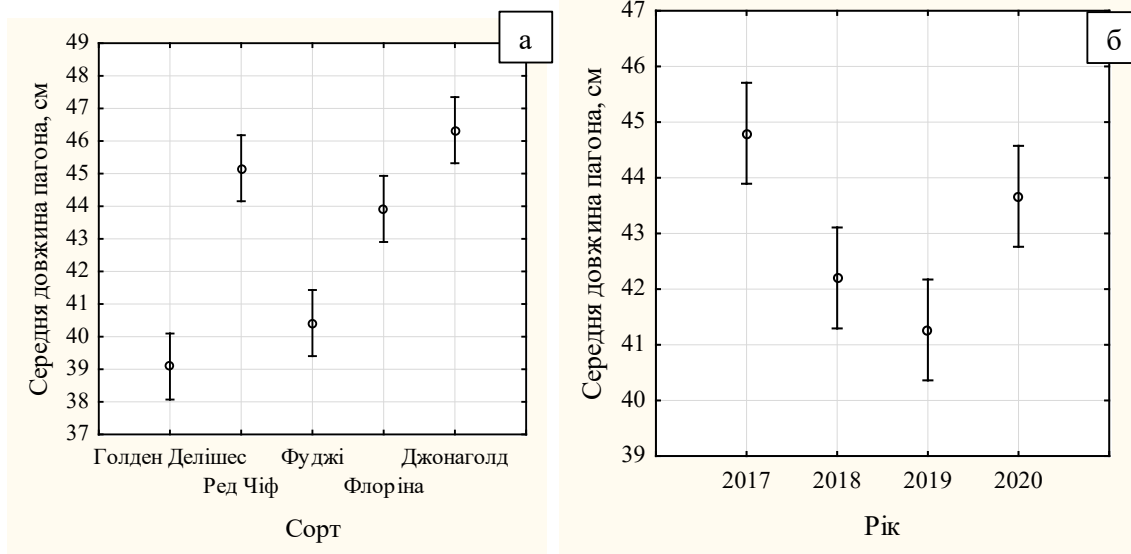


Рис. 2. Середня довжина пагона дерев яблуні залежно від: а – сорту, б – року досліджень (результати дисперсійного аналізу), см

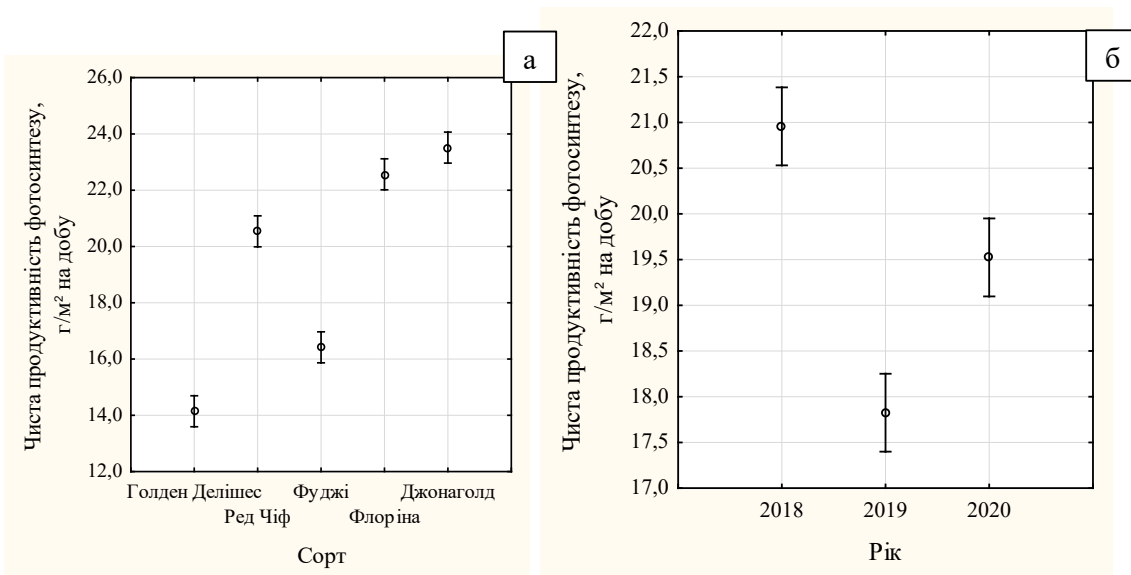


Рис. 3. Середня чиста продуктивність фотосинтезу листя дерев яблуні залежно від: а – сорту, б – року досліджень (результати дисперсійного аналізу), г/м² на добу

Таблиця 3
Чиста продуктивність фотосинтезу листя, дерев яблуні залежно від помологічних сортів, г/м² за добу

Сорт	Роки			Середнє
	2018	2019	2020	
Голден Делішес (контроль)	15,7	12,3	14,2	14,1
Ред Чіф	22,3	18,4	20,7	20,5
Фуджі	17,4	15,0	16,6	16,3
Флоріна	23,6	20,8	22,7	22,4
Джонаголд	25,1	21,9	23,1	23,4
НІР ₀₅	0,6	0,6	0,6	0,5

В середньому за період досліджень чиста продуктивність фотосинтезу листя дерев яблуні сорту Голден Делішес в 1,6 рази поступалася відповідному показнику сорту Джонаголд.

Дисперсійним аналізом встановлено (рис. 3), що впродовж досліджень максимальна середня чиста продуктивність фотосинтезу листя дерев яблуні досягнута у сорту Джонаголд, що в 1,7 рази перевищувала значення контрольного сорту та в 1,4 рази – показник сорту Фуджі. Впродовж періоду досліджень мінімум середньої продуктивності фотосинтезу листя яблуні виявлено у 2019 році.

Отже, чиста продуктивність фотосинтезу листя дерев яблуні за період досліджень дося-

гала максимальних значень у листках сорту Джонаголд, що, в середньому, в 1,7 рази перевищувало значення контрольного сорту за мінімуму встановленого у 2019 році.

Висновок. Підсумковий аналіз за період досліджень показав, що сорт Джонаголд переважав за діаметром штамбу, а середня довжина пагона дерев сорту Джонаголд була на 8,6 % вищою проти контролю за неістотної різниці за вказаним показником сорту Ред Чіф та за мінімуму у дерев сорту Голден Делішес. За цього чиста продуктивність фотосинтезу листя дерев яблуні досягала максимальних значень у сорту Джонаголд.

Література

1. Chou S.; Chen B.; Chen J.; Wang M.; Wang S.; Croft H.; Shi Q. Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. *Ecol. Indic.* 2020. Vol. 110. P. 105867. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105867> (date of access: 06.05.2020).
2. Atay E., Crété X., Loubet D., Lauri P. E. Effects of different crop loads on physiological, yield and fruit quality of 'JoyaTM' apple trees: High crop load decreases maximum daily trunk diameter and does not affect stem water potential. *International Journal of Fruit Science.* 2021. Vol. 21(1). P. 955-969. DOI:10.1080/15538362.2021.1951922 (date of access: July 2021).
3. Robinson T. L., Lakso A. N., Carpenter S. G. Canopy Development, Yield, and Fruit Quality of Empire' and Delicious' Apple Trees Grown in Four Orchard Production Systems for Ten Years. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 1991. Vol. 116(2). P. 179-187.
4. Заморський В.В. Приріст фітомаси дерев яблуні залежно від типу підщепи, інтеркалярної вставки, щільності садіння та строків обрізування. *Зб. наук. праць «Агроєкологія».* 2013. № 11. С. 112-115.
5. Тарнавська К. П., Довбиш О. П. Урожайність та якість плодів клонів Джонаголду вітчизняної селекції в умовах Поділля. *Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства : зб. матеріалів доп. учасн.*

Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 2-4 жовт. 2013 р. С. 110-111.

6. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ, 1996. 95 с.

References

1. Chou S.; Chen B.; Chen J.; Wang M.; Wang S.; Croft H.; Shi Q. Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. *Ecol. Indic.* 2020. Vol. 110. P. 105867. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105867> (date of access: 06.05.2020).
2. Atay E., Crété X., Loubet D., Lauri P. E. Effects of different crop loads on physiological, yield and fruit quality of 'JoyaTM' apple trees: High crop load decreases maximum daily trunk diameter and does not affect stem water potential. *International Journal of Fruit Science.* 2021. Vol. 21(1). P. 955-969. DOI:10.1080/15538362.2021.1951922 (date of access: July 2021).
3. Robinson T. L., Lakso A. N., Carpenter S. G. Canopy Development, Yield, and Fruit Quality of Empire' and Delicious' Apple Trees Grown in Four Orchard Production Systems for Ten Years. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 1991. Vol. 116(2). P. 179-187.
4. Zamorskyi V.V. Pryrist fitomasy derev yabluni zalezno vid typu pidshchepy, interkaliarnoi vstavky, shchilnosti sadinnia ta strokiv obrizuvannia. [Phytomass growth of apple trees depending on the type of rootstock, intercalary insert, planting density and pruning time] *Zb. nauk. prats «Ahroekolohiia».* 2013. № 11. S. 112-115. [in Ukrainian].
5. Tarnavska K. P., Dovbysh O. P. Urozhainist ta yakist plodiv kloniv Dzhonaholdu vitchnianoi selektsii v umovakh Podillia. [Productivity and fruit quality of Jonagold clones of domestic selection in the conditions of Podillia] *Ekolohizatsiia staloho rozvytku i noosferna perspektyva informatsiinoho suspilstva : zb. materialiv dop. uchasn. Mizhnar. nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 2-4 zhovt. 2013 r. S. 110-111* [in Ukrainian].
6. Kondratenko P. V., Bublik M. O. Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy. [Methods of field research with fruit crops] *Kyiv, 1996. 95 s* [in Ukrainian].

**О. М. Горелов,**

доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник відділу дендрології
Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: forestgorelov@mail.com

**О. О. Горелов,**

кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник відділу дендрології
Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: oleksijgorelov@mail.com

**І. В. Красноштан,**

кандидат біологічних наук, доцент,
завідувач кафедри біології та методики її навчання
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
(м. Умань, Україна)
E-mail: kr.igor@i.ua

ЕНЕРГОІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА ГАРМОНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ У ЛАНДШАФТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Метою даної статті є ознайомити спеціалістів ландшафтного будівництва з енергоінформаційним підходом як основи гармонізації ландшафту. Наведено порівняльний аналіз різноманітних стилів паркобудівництва з позицій «західних» та «східних» традицій. Показано, що у «західній» традиції домінує ідея антропоцентризму з підкресленим показовим втручанням людини у зміну ландшафту. У «східній» традиції основний акцент робиться на енергетичній гармонізації простору, де людина розглядається лише як одна із складових природи. Такий підхід відображено у традиційній китайській системі Фен-Шуй, що узгоджується з сучасною енергоінформаційною парадигмою, згідно якої первинною основою матерії є енергія. Розглянуто групи чинників (геогенне випромінювання, неоднорідності геологічної структури місцевості, наявність підземних водотоків, особливості рельєфу тощо), які впливають на енергетичні показники ландшафту. Це дозволяє сучасно інтерпретувати древньокитайське вчення Фен-Шуй у ландшафтному будівництві, зробити його більш зрозумілим для західних фахівців. Такий підхід доцільно застосовувати для оцінки загального рівня енергії ландшафту, обстеження території для визначення аномальних ділянок (особливо з патогенним впливом), функціонального зонування, оптимізації видового складу і просторової структури деревних насаджень, прокладання доріжкової сітки, розміщення елементів паркових композицій тощо. Це дозволить у більшій мірі гармонізувати простір, підвищити естетичну цінність ландшафту, посилити його рекреаційний ефект. Для визначення відповідних параметрів ландшафту запропоновано біолокаційний метод. Актуальним залишаються питання подальшої методичної розробки БЛМ, практичного опрацювання та підготовки відповідних фахівців.

Ключові слова: ландшафт, паркобудівництво, енергоінформаційний підхід, біолокаційний метод, Фен-Шуй, гармонізація простору.

О. М. Horielov,

Doctor of Biological Sciences, Senior Research Fellow,
Leading Scientific at the Department of Dendrology
M. M. Gryshko National Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

О. О. Horielov,

Ph.D. in Biology,
Senior Researcher at the Department of Dendrology
M. M. Gryshko National Botanic Garden of the National academy of sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

І. В. Krasnoshtan,

Ph.D. in Biology,
Associate Professor at the Department of Biology and Methods of its Teaching
Uman State Pedagogical University (Uman, Ukraine)

ENERGYINFORMATIVE BASIS OF THE SPACE HARMONIZATION IN THE LANDSCAPE BUILDING

The aim of this article is to acquaint specialists of the landscape building with the energyinformative approach as a basis of landscape harmonization. A comparative analysis of different park building styles from the perspectives of "western" and "eastern" traditions was given. It was shown that the idea of anthropocentrism with a pronounced human intervention into the changes of the landscape dominates in the "western" tradition. The main accent in the "eastern" tradition is made on the energetic space harmonization, where a human is seen only as one of the nature components. Such approach is reflected in the traditional Chinese system called Feng Shui, which is consistent with the modern energyinformative paradigm, according to which the primary basis of matter is energy. Groups of factors (geogenic radiation, inhomogeneities of the geological structure of the area, the presence of underground watercourses, features of the relief, etc.) that influence the energetic indicators of a landscape were reviewed. It allows to modernly interpret old Chinese doctrine Feng Shui in the landscape building and make it more understandable to western specialists. Such approach is rational to use for of the overall landscape energy evaluation, examination of a territory for defining anomaly spots (especially with the pathogen influence), functional zoning, optimization of the specie composition and the spatial structure of tree plantations, meshing of paths web, elements of a park composition placing etc. It will allow to make the space more harmonized, increase esthetical value of the landscape, and enforce its recreational effect. For the definition of the appropriate landscape parameters was proposed a method of biolocation (dowsing). The questions of the further develop of the biolocational method as well as practical processing and preparation of the relevant specialists still remain actual problems.

Key words: landscape, park building, energyinformative approach, Feng-Shui, space harmonization.

Постановка проблеми. Сучасний стан і розвиток ландшафтного будівництва потребує як впровадження традиційних, так і залучення нових підходів, напрямів і стилів. Їх розробка та впровадження залишається актуальним теоретичним і практичним завданням. Цікавим і перспективним напрямком є використання традиційної східної енергетичної парадигми як основи гармонізації простору, застосування біолокаційного методу у ландшафтному дизайні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Запропоновані підходи поки що не знайшли свого достатнього відображення у сучасних наукових публікаціях, присвячених теорії та практиці ландшафтного будівництва. Окремі питання висвітлено у наукових і популярних працях з садово-паркового мистецтва створення «східних» садів. Зокрема, щодо китайських садів у цих роботах розроблені їхні класифікаційні схеми, проведено аналіз флористичного складу, використання рельєфу, архітектурних елементів, водойм і каміння як елементів оформлення. При цьому велике значення також приділяється колористиці садових композицій, їх зоровому сприйняттю та впливу на психоемоційний та здоров'я [13]. Традиційно головний акцент робиться на релігійно-філософських аспектах, символізмі та традиціях, візуальному сприйнятті простору. Такий підхід відображує традиційні для Сходу принципи благоустрою саду, які втілюють гармонійну єдність природи та людини [11].

У роботах д.г.н. К.А. Позаченюк [7] та д.г.н. Г.І. Швєбса [8] представлено результати досліджень енергетичних аспектів ландшафту, що зближує їх з традиційною системою Фен-Шуй і сучасним її розвитком. Ця система ґрунтується на багатовікових традиціях східної енергетичної парадигми. Актуальними питаннями залишаються наукове обґрунтування, наближення її до розуміння «західними» фахівцями, розробка технологій для використання у садово-парковому будівництві.

Мета статті полягає у ознайомленні фахівців з енергетичною парадигмою Сходу, обґрунтуванні методологічних основ та практичних підходів для використання у ландшафтному дизайні.

Методика досліджень. Використано порівняльно-описовий (характеристика стилів парко-

вих ландшафтів) та біолокаційний метод (енергетична характеристика ландшафту та його окремих елементів). Останній метод, який ґрунтується на енергоінформаційному обміні людини з довкіллям, поки що не увійшов у арсенал наукових методів. Причина цього, незважаючи на багатовіковий досвід та використання у різних сферах діяльності людини, пояснюється у нерозробленості сучасною наукою проблеми енергоінформаційного обміну у природі (що є предметом досліджень нового напрямку еніології), відсутності його загально визнаної пояснювальної концепції та методологічних основ, окремими суб'єктивними чинниками [3], що є причиною його неоднозначного сприйняття.

Відомий у Європі та Азії з давніх часів і як такий, що активно розробляється сьогодні, біолокаційний метод, на нашу думку, може знайти широке використання у ландшафтному будівництві. Зокрема, цей метод дозволяє визначати інтенсивність, поляризацію, частотні та інші параметри випромінювання різної природи, яке гіпотетично впливає на живі організми [1, 2-4, 6, 9]. В основу цих досліджень покладено здатність людини у певному психоемоційному стані підсвідомо сприймати поля, створені таким випромінюванням. Вхід у необхідний психологічний стан, прийоми отримання, верифікації, метрики, тлумачення та аналізу відповідних даних, інструментальне оснащення та інші аспекти технології біолокаційних досліджень значно виходять за рамки даної роботи і можуть бути цікавою темою окремого циклу публікацій.

Основні результати досліджень. В облаштуванні свого житла та території перебування людина завжди прагнула певним чином організувати оточуючий простір відповідно до своїх утилітарних потреб, уявлень про природу та своє місце у ній. У зв'язку з цим необхідно виділити деякі кардинальні відмінності між «західним» і «східним» світосприйняттями, які знайшли своє відображення і у облаштуванні ландшафту, зокрема у паркобудівництві. Так, «західні» стилі парків демонструють активний вплив людини на оточуючий простір, підкреслюють її домінування як господаря природи (принцип антропоцентризму). Особливо показовим прикладом цього

є парки регулярного стилю, для якого характерними ознаками є використання правильних геометричних форм у плануванні як усього парку, так і окремих його елементів, симетрія композицій, чіткий геометричний габітус деревних рослин, використання прямих ліній алей і боскетів тощо (рис. 1).



Рис. 1. Парк регулярного (французького) стилю [2]

Пейзажні (англійські) парки у своїй композиційній основі зберігають, відтворюють або імітують природні ландшафти. Парки цього стилю також відображають активний вплив людини на ландшафт. Для них притаманні підкресленість дорожно-стежкової сітки, почерговість відкритих просторів і груп або навіть поодиноких крупних дерев, вираженість алей, штучні або природні водойми з, як правило, чіткими контурами берегів, виразні архітектурні елементи [5]. В цілому для «західного» напрямку паркобудівництва характерний акцент на візуальне сприйняття, робота з зовнішньою формою та кольористикою, що є основним критерієм успішності тих або інших композиційних рішень (рис. 2). Втілення цих підходів дозволило створити такі перлини садово-паркового мистецтва як «Софіївка», «Олександрія» і «Тростянець» (Україна), «Ермонвіль» (Франція), «Стоурхед» (Англія), «Англійський Гартен» (Німеччина) та інші.



Рис. 2. Пейзажний стиль парку (НДП «Софіївка») [10]

Традиційні «східні» парки, сади чи окремі композиції більшою мірою відображають філософські ідеї гармонійного єднання людини і природи. На відміну від антропоцентричного принципу, відображеному у «західних» традиціях паркобудування, тут людина сприймається не як домінуюча, а лише одна із складових природи. Головний акцент робиться на природності ландшафту, внутрішньому спогляданні, намаганні відчутти та передати гармонію між людиною та оточуючим простором. Присутність людини обмежується окремими елементами, які здебільшого не домінують у ландшафті. Іншим суттєвим принципом, який часто реалізується також у «західних» стилях садово-паркового мистецтва, але дуже символічний для садів Сх оду, є гармонійне поєднання рослин, каміння та води (рис. 3). Ці елементи відображають три стихії, втілюючи ідеї стабільності (камінь, земля), мінливості, плинності (вода) та рослини, що їх поєднує.

Якщо для «західного» світосприйняття та розуміння природи первинність фізичної реальності ґрунтується на матеріальності з чітко детермінованими причинно-наслідковими усталеними зв'язками, то для східних світоглядних систем первинним є енергія, її рух і мінливість. Тут речовина сприймається як ущільнена, «згущена» енергія, а всі зміни визначаються взаємним переходом універсальної енергії у різні динамічні стани.



Рис. 3. Приклади ландшафтних композицій у «східному» стилі (А – з реальним водним елементом [11]; Б – з імітацією у вигляді сухого струмка [12])

Знання особливостей цієї енергії, сприйняття на чуттєвому рівні, вміння правильно її враховувати та використовувати становить суть традиційного китайського учення гармонізації простору Фен-Шуй. Сам цей термін з китайської перекладається як Вітер-Вода (стихії, які найповніше відображають динамічність, плинність). Ключовим поняттям цього вчення є універсальна енергія Ци (Кхі в Японії, Прана в Індії), її види та стани, направленість та циклічність зміни, що, зокрема, покладено в основу гармонізації енергетичних параметрів місцевості та людини. Для Індії аналогічним вченням гармонізації простору є Вісту. Складність розуміння традиційних для Сходу понять, відсутність їх прямих аналогій в системі «західного» світосприйняття, термінологічні труднощі при перекладі та сприйнятті, особлива образність і суттєві філософські відмінності світоглядів поки що не дозволяють у необхідній мірі усвідомити та використати спеціалістами з ландшафтного будівництва Заходу багатотомний досвід гармонізації простору Сходу.

Використання енергоінформаційного (еніологічного) підходу, який зближує його з енергетичною парадигмою Сходу, дозволяють уже сьогодні багато в чому зняти ці труднощі. Такий підхід багато в чому перегукується з традиційною школою Форми вчення Фен-Шуй, яка передбачає безпосереднє сприйняття енергетики простору, визначення її особливостей і способів гармонізації. Однак, вплив Фен-Шуй на теорію традиційного східного саду поки що залишається поза увагою «західних» спеціалістів садово-паркового мистецтва. [14]. Величезний емпіричний фактаж, накопичений за декілька тисячоліть майстрами Фен-Шуй, сьогодні знаходить наукове обґрунтування. Згідно цього учення, енергетика кожної місцевості визначається космічними («небесними»), наземними та підземними чинниками. До перших відноситься вплив Сонця, Місяця та інших космічних тіл, а також кліматичні особливості місцевості (температура, опади, інсоляція, рух повітряних мас, вологість повітря, циклічність погодних явищ тощо). Якщо деякі астрологічні аспекти сучасною наукою ставляться під сумнів, то гравітаційний вплив Місяця, магнітні та радіаційні прояви активності Сонця є предметом досліджень геліобіології. Врахування впливу клімату також не викликає сумнівів, що є особливо актуальним при його змінах або мікрокліматичні особливості на локальному рівні.

До групи наземних факторів входить рельєф, гідрологічні умови, рослинність чи навіть окремі деревні рослини, камені, будівлі та інші елементи земної поверхні. Наявність нерівностей (гір, пагорбів, западин, балок та ін.), крутизна та експозиція схилів, інші особливості рельєфу обов'язково враховуються у ландшафтному будівництві. При оцінці рельєфу у Фен-Шуй також велике значення мають його загальна енергетична оцінка в цілому та окремих елементів. Горизонтальні пласкі ділянки для збільшення їх контрастної «енергетичності» іноді доповнюються врівноваженими нерівностями у вигляді підвищень та понижень.

Підвищенні ділянки сприяють накопиченню енергії, пониження навпаки, що викликає певний психоемоційний стан та самопочуття. Загалом сприятливим вважається злегка горбкуватий рельєф з невеликим ухилом на південь або схід з підвищеннями на заході («Білий тигр») та на сході («Лазуровий дракон»).

Водним об'єктам також приділяється велике значення. Крім естетичного значення, водою сприяють пом'якшенню мікроклімату, підвищена вологість повітря та концентрація важких іонів над водною поверхнею позитивно впливає на рослинність та самопочуття людей. Розміщення водойм, їх площа, форма, характер (проточна або ні, природна або штучна) впливають на енергетичні параметри місцевості та оцінюються індивідуально, виходячи з цих особливостей. За неможливості мати реальну водойму вона часто імітується у вигляді сухого струмка викладенням пласким камінням, звивистими хвилястими лініями ґрунтопокривних або невисоких рослин, які нагадують водну поверхню та плавні контури берегів (рис. 3Б). Такий прийом, як і реальна водойма, символізують стихію Води, яка є обов'язковою при гармонізації енергетики простору. Серед загальних зауважень слід зазначити небажаність прямих ліній берегів і правильних геометричних форм водойм при оформленні ділянки у «східному» або ландшафтному стилі, але є доречним для водних об'єктів регулярного парку.

Важливим елементом ландшафтною композиції, оформленої згідно канонів Фен-Шуй, є камінь як символ стихії Землі, втілюючи принцип стабільності. Розміри, форма, пропорції, розташування, матеріал, колір і фактура каменів, крім візуальних, також мають енергетичний вплив. Це також відноситься і до споруд. При проектуванні та створенні доріжково-стежкової системи також слід уникати прямих ліній, гострих кутів і правильних геометричних фігур, які, проте, є доречним у регулярному парку. Згладжені лінії доріжок сприяють, як вважається в Фен-Шуй, плавному руху та накопиченню позитивної енергії Ци.

Невід'ємним елементом паркового ландшафту є рослини. При зоровому сприйнятті паркової композиції враховуються їх розміщення, кількість, форма, фактура крони та гілок, колір листків і кори, декоративність у різні сезони тощо. Енергетичні особливості рослин у «західній» традиції ландшафтного будівництва залишаються поки що майже невідомими та здебільшого не враховуються. Згідно Фен-Шуй, такі властивості рослин характеризуються певним поєднанням Ци у її взаємодоповнюючих формах Ян та Інь, загальним рівнем енергетики, станом, співвідношенням енергії синтезу Шень, деструкції Ша та стабілізації Сі, іншими особливостями. Ці параметри можуть бути отримані також за допомогою спеціального компасу з багатьма поворотними лімбами (школа Компасу у Фен-Шуй) або безпосереднім визначенням (школа Форми), що практично ототожнює останню з біолокаційним методом. Цей метод також дозволяє фіксувати просторову конфігурацію поля рослин,

його сезонну динаміку, поляризацію (праву, ліву або змінну), частотні характеристики, поточний життєвий стан, вплив на рослини різноманітних екологічних чинників тощо. Так, потужне правополяризоване високочастотне поле мають дуби черешчатий та червоний, гінкго дволопате, деякі види кленів. Помірне за потужністю та частотою поле характерне для більшості видів лип, в'язів та сосен. Поле лівої поляризації притаманне осиці, метасеквої розсіченошишкової, видів калин, бузини чорної та деяким іншим видам дерев і кущів. Видовий склад, насиченість відповідними деревними рослинами, їх стан є дієвим чинником, який впливає на енергетичні параметри ділянки.

Одним з найцікавіших, але поки що майже недосліджених «західною» наукою аспектів, залишається енергоінформаційна взаємодія між рослиною та людиною, зокрема вплив на психоемоційну сферу та стан здоров'я. Терапевтичний ефект проявляється за рахунок корекції параметрів поля людини рослинами, що дозволяє знизити гостроту хронічних захворювань, відновити та підтримати здоров'я, підвищити життєвий тонус. Так, рослини з потужним правополяризованим високочастотним полем сприяють відновленню сил та підвищенню життєвого тону, рослини з помірними за інтенсивністю правополяризованим випромінюваннями впливають стабілізуюче на органи дихання та серцево-судинної системи, поля рослин з лівою поляризацією допомагають зняти нервово напруження та надмірну активність [3]. На Сході, зокрема у Фен-Шуй, ця практика відома та використовується з глибокої давнини, а сьогодні набуває все більшої популярності як один з напрямків традиційної східної медицини. У «західній» медицині терапевтичний ефект здебільшого пояснюється позитивним впливом фітонцидів та важких іонів, які продукуються рослинами, що використовуються у санаторному лікуванні.

Важлива роль у енергетиці місцевості відводиться геологічним чинникам, зокрема земному (геогенному) випромінюванню, що є об'єктом дослідження геоекології [6, 9]. Це випромінювання може справляти як суттєвий позитивний, так і негативний вплив. Позитивний вплив геологічних чинників проявляється у стимуляції життєвих сил організму, підвищенні імунітету, покращенні та підтриманні гарного стану здоров'я. Особливу увагу у ландшафтному будівництві слід приділяти геоактивним зонам з патогенним впливом. Такі природні гепатогенні зони формуються за рахунок значних підземних водотоків, геологічних розламів, карстових порожнин, напруження пластів і фізико-хімічних особливостей гірських порід, аномально високих значень магнітних, електростатичних та гравітаційних полів. Ці чинники можуть мати і штучне походження (шахтні виробки, тунелі, силові електричні лінії тощо). Серед природних факторів, які поки що в основному визначаються біолокаційним методом, слід назвати і регулярні енергетичні структури Хартмана, Каррі, Вітмана та ін. Суттєвий

негативний вплив на більшість живих організмів, споруд і технічних систем проявляється при одночасній спільній дії патогенних чинників. Такі місця у Фен-Шуй отримали назву «зуб дракона», а для їх визначення у давні часи у Китаї навіть існувала спеціальна державна служба, метою якої було недопущення житлового будівництва на таких місцях. На сьогодні біолокаційні обстеження з метою виявлення геопатогенних зон повинні стати обов'язковими при розробці кожного ландшафтного проекту.

Висновки. Таким чином, енергоінформаційний підхід дозволяє інтерпретувати древньокитайське вчення Фен-Шуй та плідно використовувати його у ландшафтному будівництві. Такий підхід доцільно застосовувати для оцінки загального рівня та інших особливостей енергетики ландшафту, обстеження території для визначення патогенних ділянок, функціонального зонування, оптимізації видового складу і просторової структури деревних насаджень, прокладання доріжкової сітки, розміщення елементів паркових композицій тощо. На нашу думку, це дозволить у більшій мірі гармонізувати простір, підвищити естетичну цінність ландшафту, посилити його рекреаційний ефект. Актуальним залишаються питання подальшої розробки біолокаційного методу, його методологічних і теоретичних основ, технології практичного використання та підготовки відповідних фахівців.

Література

1. Війтишин Г.Б. Структура біополів фітоценотичної складової ландшафтних фацій. *Експериментальна еніологія*. 1999. Вип. 1. С. 12–19.
2. Горелов А.М. Энерго-информационное направление в ландшафтном дизайне – традиция и инновация. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. №7 (64). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/>.
3. Горелов А.М., Миколайко В.П., Красноштан И.В. Введение в эниоэндрологию: монография. Киев, 2020. 138 с.
4. Горелов А.М. Эколого-морфологические и энергоинформационные основы концепции фитогенного поля: монография. Киев, 2021. 267 с.
5. Енциклопедичний словник-довідник ландшафтника / Кушнір А.І. та ін. Київ, 2021. 720 с.
6. Малиновський Г.Т., Мовчун Н.В. Випромінювання землі, психічна енергія і здоров'я людини. Київ, Логос. 2002. 303 с.
7. Позаченюк Е.А. Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы. Монография. Симферополь, 2006. 473 с.
8. Швебс Г.И. Введение в эниогеографию. Кн. 1. Эниоземледелие. Одесса: Изд-во Одес. ун-та, 2000. 254 с.
9. Экологическая геология Украины. / Шнюков Е.Ф. и др. Киев, 1993. 408 с.
10. *Укрінформ*. Мультимедійна платформа нововлення. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-tourism/3023712-sofiivka-vidkrilasa-dla-vidviduvaciv.html>.

11. Japanese Gardens in Tokyo – Nihon Teien. URL: <https://www.realestate-tokyo.com/living-in-tokyo/around-tokyo/japanese-gardens/>.

12. Japanese stone garden. URL: <https://www.pinterest.com/pin/335166397280389519/>

13. Oriental Feng Shui Gardens. URL: <https://thecrabbynook.com/pages/asian-feng-shui-gardens>.

14. The influence of feng shui (geomancy) on traditional Chinese garden. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201810/21/WS5ca30fd8a3104842260b3f94.html>.

References

1. Vlytishin G.B. Struktura biopoliv fitotsenotichnoyi skladovoyi landshaftnih fatsiy [The structure of biofields of phytocenotic warehouse and landscape facies] Eksperimentalna eniologiya. 1999. Vip.1. S. 12–19. [in Ukrainian]

2. Gorelov A.M. Energo-informatsionnoe napravlenie v landshaftnom dizayne – traditsiya i innovatsiya [Energy-informational direction in landscape design - tradition and innovation] Naukovi dopovidi NUBIP Ukrayini. 2016. N 7 (64). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/>. [in Russian]

3. Gorelov A.M., Mikolayko V.P., Krasnoshtan I.V. Vvedenie v eniodendrologiyu: monografiya [Introduction to eniodendrology: monograph] Kiev, 2020. 138 s. [in Russian]

4. Gorelov A.M. Ekologo-morfologicheskie i energoinformatsionnyie osnovyi kontseptsii fitogenogo polya: monografiya. [Ecological-morphological and energy-information bases of the phytogenic field concept: monograph] Kyev, 2021. 267 s. [in Russian]

5. Entsiklopedichniy slovnik-dovidnik landshaftnika [Encyclopedic dictionary-handbook of the landscaper] / Kushnir A.I. ta In. KiYiv, 2021. 720 s. [in Russian]

6. Malynovskiy H.T., Movchun N.V. Vyprominiuvannya zemli, psikhichna enerhiia i zdorovia liudyny. Kyiv, Lohos. 2002. 303 s. [in Ukrainian]

7. Pozachenyuk E.A. Ekologicheskaya ekspertiza: prirodno-hozyaystvennyie sistemyi. Monografiya [Ecological expertise: natural and economic systems. Monograph]. Simferopol, 2006. 473 s. [in Russian]

8. Shvebs G.I. Vvedenie v eniogeografiyu [Introduction to eniogeography. Book 1. Agriculture.]. Kn. 1. Eniozemledelie. Odessa: Izd-vo Odes. un-ta, 2000. 254 s. [in Russian]

9. Ekologicheskaya geologiya Ukrainyi [Ecological geology of Ukraine] /Shnyukov E.F. i dr. Kiev, 1993. 408 s. [in Russian]

10. UkrInform. Multimediina platforma nomovlennia [Ukrinform. Multimedia platform of preaching]. Website. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-tourism/3023712-sofiivka-vidkrylasa-dla-vidviduvaciv.html>. [in Ukrainian]

11. Japanese Gardens in Tokyo – Nihon Teien. URL: <https://www.realestate-tokyo.com/living-in-tokyo/around-tokyo/japanese-gardens/>.

12. Japanese stone garden. <https://www.pinterest.com/pin/335166397280389519/>.

13. Oriental Feng Shui garden. URL: <https://thecrabbynook.com/pages/asian-feng-shui-gardens>.

14. The influence of feng shui (geomancy) on traditional Chinese garden. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201810/21/WS5ca30fd8a3104842260b3f94.html>.



С. П. Боковець,
аспірант кафедри технології харчування
Сумський національний аграрний університет
(м. Суми, Україна)



Ф. В. Перцевой,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології харчування
Сумський національний аграрний університет
(м. Суми, Україна)

ВИВЧЕННЯ МІЦНОСТІ ГЕЛІВ ПРИ ДОДАВАННІ ГЛІЦЕРИНУ

Стаття присвячена вивченню міцності гелів на основі агару, фуруцеллану, каппа-карагінану та желатину при додаванні гліцерину для встановлення діапазону концентрацій структуроутворювача та зв'язуючого компоненту в рецептурі корпусу для батончиків шоколадних.

Особливість технологічного аспекту використання полісахаридів (агару, желатину, фуруцеллану, карагінану) у харчових продуктах, базується на їхній здатності надавати продуктам необхідних структурно-механічних властивостей.

У дослідженнях були використані агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), фуруцеллан ТМ Stagar (Естонія), желатин ТМ «Gelita» (Німеччина), каппа-карагінан, гліцерин ТМ BASF (Німеччина), для приготування розчинів використовували дистильовану воду. Дослідження міцності гелів визначали на приладі Валента після структуроутворення розчинів протягом 300×60 с за температури 20±2 °С.

Експериментально досліджено залежність міцності структури модельних систем «агар 1,0 %-гліцерин-вода», «фуруцеллан 1,5 %-гліцерин-вода», «каппа-карагінан 1,5 %-гліцерин-вода» та «желатин 4,0 %-гліцерин-вода». Гліцерин вносили у модельні системи в інтервалі 10,0...50,0 % з кроком в 10,0 %.

Науково обґрунтовано вплив гліцерину на міцність гелеподібних систем на основі агару, фуруцеллану, каппа-карагінану та желатину. Встановлено, що при додаванні гліцерину в інтервалі від 10,0 до 50,0 % у модельні системи на основі агару, фуруцеллану та желатину, збільшується міцність структури гелю. Внесення гліцерину у систему на основі каппа-карагінану є доцільним в інтервалі від 10,0 до 40,0 %. Додавання понад 40,0 % гліцерину призводить до зниження міцності гелю.

Також встановлено, що система на основі фуруцеллану характеризується значно меншими показниками міцності гелю в порівнянні зі зразками на основі агару, каппа-карагінану та желатину.

Ключові слова: міцність гелю, агар, фуруцеллан, каппа-карагінан, желатин, гліцерин, модельні системи, структурно-механічні властивості.

S. P. Bokovets,

Graduate student at the Department of Food Technologies
Sumy National Agrarian University
(Sumy, Ukraine)
E-mail: sergiy_bokovec@ukr.net

F. V. Pertsevoi,

Doctor of Engineering, Professor,
Professor at the Department of Food Technology
Sumy National Agrarian University
(Sumy, Ukraine)
E-mail: percevoyfedor@gmail.com

STUDY OF THE STRENGTH OF GELES WITH THE ADDITION OF GLYCERIN

The article is devoted to the study of the strength of gels based on agar, furcellaran, kappa-carrageenan and gelatin with the addition of glycerin to determine the range of concentrations of the structurant and binder component in the formulation of the body for chocolate bars.

The peculiarity of the technological aspect of the use of polysaccharides (agar, gelatin, furcellaran, carrageenan) in food products is based on their ability to give products the necessary structural and mechanical properties. They are used in the food industry in the production of jam, confiture, canned fruits and vegetables, chewing gum, ice cream, condensed milk, mayonnaise, bakery products (to slow down hardening), canned meat and fish, diabetic foods, as well as in the confectionery industry. time of production of marshmallows, pastilles, marmalade, glazes, fillings, souffles, etc.

The strength of the model systems "agar 1,0 %-glycerin-water", "furcellaran 1,5 %-glycerin-water", "kappa-carrageenan 1,5 %-glycerin-water" and "gelatin 4,0 %-glycerin-water". Glycerin was added to the model systems in the range of 10,0... 50,0 % in increments of 10,0 %.

The effect of glycerin on the strength of gel-like systems based on agar, furcellaran, kappa-carrageenan and gelatin has been scientifically substantiated. An increase in the strength of the gel structure was found when glycerin was added in the range of 10,0...50,0 % to model systems based on agar, furcellaran and gelatin. The introduction of glycerin into the system based on kappa-carrageenan is appropriate in the range of 10.0...40,0 %. The addition of more than 40,0 % glycerol reduces the strength of the gel.

It was also found that the system based on furcellaran is characterized by significantly lower gel strength compared to samples based on agar, kappa-carrageenan and gelatin.

Key words: gel strength, agar, furcellaran, kappa-carrageenan, gelatin, glycerin, model systems, structural and mechanical properties.

Постановка проблеми. Харчова промисловість – одна з найбільших галузей господарства нашої країни. Важливим завданням для закладів ресторанного господарства та харчової промисловості України є впровадження конкурентоспроможних, інноваційних технологій та розширення асортименту продукції, у тому числі і кондитерської. Вона покликана задовольняти потреби населення в різноманітних продовольчих товарах [1].

Кондитерська промисловість – одна з провідних галузей харчової промисловості. За обсягом виробництва вона стоїть на другому місці в світі, оскільки забезпечує випуск близько двох тисяч найменувань кондитерських виробів [2]. Вони містять переважно вуглеводи, тому зважаючи на умови життя людей та дітей (нераціональне харчування, екологія, стрес) харчування потрібно раціоналізувати, використовуючи сировину багату поживними та біологічно-активними речовинами. В останні роки у споживачів істотно збільшився інтерес до харчових продуктів, що містять корисні для здоров'я людини нутрієнти та які характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю [3].

З урахуванням сучасних тенденцій нами запропоновано модель інноваційної технології батончиків шоколадних з використанням меду та порошку кунжутного для використання їх в кондитерській галузі та ресторанному господарстві. Серед широкого асортименту кондитерських виробів, шоколадні батончики займають особливе місце, вони популярні, смачні, та часто використовуються, як перекус [4].

Оскільки споживач особливої увагу звертає на органолептичні властивості продукту, перед нами стала задача отримання виробу з відповідними органолептичними властивостями та необхідними структурно-механічними властивостями начинки. У технології запропонованого виробу в якості начинки буде використовуватись сумісне поєднання меду та порошку кунжутного, а також розчин агару з додаванням гліцерину, для отримання належних структурно-механічних показників корпусу. Використання агару в технологічному процесі виробництва корпусу з гелеподібною структурою потребує наукового обґрунтування, оскільки за взаємодії з гліцерином агар, за певних умов, здатен регулювати та надавати продукції заданих структурно-механічних характеристик [5].

Гелеутворювачі, які додають у харчові продукти та які утворюють необхідні структурно-механічні властивості продукту є агар, фуцеллан, каппа-карагінан, желатин. Проаналізувавши

їх дію ми вважаємо, що для корпусу нашого продукту доцільно використовувати систему агар-гліцерин-вода, яка дозволить розробити корпус з необхідними структурно-механічними властивостями. Таким чином встановлено, що першочерговим завданням є визначення структурно-механічних властивостей, зокрема міцності, системи «агар-гліцерин-вода», а також науково обґрунтувати вибір даної системи в порівнянні з іншими гелеподібними системами [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженням полісахаридів займались багато вітчизняних та зарубіжних учених [7, 8, 9, 10, 11]. Агар використовується в харчовій промисловості під час виробництва джему, конфітурів, фруктових та овочевих консервів, жувальної гумки, морозива, згущеного молока, майонезу, хлібобулочних виробів (для уповільнення черствіння), м'ясних та рибних консервів, продуктів діабетичного харчування, а також в кондитерській промисловості під час виробництва зефіру, пастили, мармеладу, глазури, начинки, суфле тощо.

У ході огляду зарубіжних та вітчизняних літературних джерел встановлено, що питанням вивчення міцності гелів агару та інших полісахаридів, а також впливу на них інших допоміжних речовин приділено багато уваги.

У статті [7] досліджено реологічні властивості водних розчинів агару, желатину та їх суміші для желейних виробів. Експериментально було визначено величини напруги зсуву, ефективну динамічну в'язкість цих систем в діапазоні швидкості зсуву $17-1021 \text{ c}^{-1}$ та інтервалі температур $24-50^\circ\text{C}$. При температурі 42°C спостерігається слабка залежність в'язкості від швидкості зсуву. При переході із системи «вода-агар» до системи «вода-агар-желатин» в'язкість зменшується, що свідчить про факт «розривання» системи «вода-агар» при додаванні до неї желатину. Для системи «вода-желатин» відзначено зменшення в'язкості з підвищенням температури.

Метою авторів статті [8] було дослідження впливу технологічних чинників на міцність гелів капа-карагінану. В ході досліджень була встановлена залежність міцності гелів капа-карагінану від концентрації. Було виявлено, що зміна концентрації капа-карагінану у межах $0,3...1,0 \%$ призводить до значної зміни міцності утворених гелів: міцність збільшується з $34,5 \pm 0,5 \text{ г}$ до $454,0 \pm 0,5 \text{ г}$. Також було встановлено залежність гелів капа-карагінану від вмісту знежиреного молока за концентрації капа-карагінану. Введення знежиреного молока до 5% у систему, що містить $0,4 \%$ капа-карагінану, сприяє

збільшенню міцності гелів з $44,5 \pm 0,5$ г до $191,5 \pm 0,5$ г, а подальше збільшення вмісту знежиреного молока до 10 % призводить до зменшення міцності гелів. Залежність міцності гелів капа-карагінану з концентрацією 0,6 % та вмісту знежиреного молока 2,5 %, сприяє збільшенню міцності гелів. За концентрації капа-карагінану 0,8 % залежність міцності гелів не залежить від вмісту знежиреного молока.

Група учених [9] дослідила вплив агару на реологічні характеристики паст закусочних. Експериментальними дослідженнями реологічних показників сирної пасти було встановлено, що діапазон вмісту агару $1,3 \pm 0,1$ % в рецептурі є раціональним для забезпечення пастоподібної структури. Збільшення вмісту агару спричиняє значному зниженню пластичності, підвищенню еластичності та зростанню пружності, що призводить до гумистої текстури продукту. Зменшення агару в рецептурі спричиняє суттєве зменшення модуля пружності та призводить до збільшення текучості структури продукту.

Авторами статті [10] було вивчено міцність структури змішаних гелів на основі агару з анфельції та грацилярії. Встановлено характерну залежність збільшення міцності гелів агару при додаванні желатину від 1 до 5 % у $1,18 \dots 3,56$ разів – для агару з анфельції та $1,45 \dots 3,05$ – для агару з грацилярії. Додатковевнесення 0,1 % хлористого кальцію дозволяє збільшити міцність зазначених зразків у $1,23 \dots 4,30$ та $1,70 \dots 3,93$ рази відповідно.

У роботі [11] досліджено реологічні властивості агарових гелів та вплив на них дисахаридів (сахароза) та моносахаридів (фруктоза). Встановлено, що сахароза та фруктоза дещо послаблюють структуру агарового гелю, проте його міцність залишається достатньо великою, що дозволяє використовувати їх при виробництві багатьох видів кондитерських виробів, що мають гелеподібну структуру.

У ході аналітичного огляду було виявлено, що дослідження, які стосуються визначення структурно-механічних властивостей гелеподібних систем у літературі мають розрізнений характер. А дослідження, які стосуються вивчення впливу додавання гліцерину на міцність гелевих систем на основі агару, желатину, капакарагенану та фурцеларану практично відсутні. Це обумовлює актуальність обраного напрямку.

Постановка завдання. Метою статті є вивчення міцності гелів при додаванні різного вмісту гліцерину, для встановлення діапазону концентрацій структуроутворювача та зв'язуючого компоненту в рецептурі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливість технологічного аспекту використання полісахаридів (агару, желатину, фурцеларану, карагінану) у харчових продуктах, базується на їхній здатності надавати продуктам необхідних структурно-механічних властивостей.

У дослідженнях були використані агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), фурцелларан

ТМ Stagar (Естонія), желатин ТМ «Gelita» (Німеччина), каппа-карагінан, гліцерин ТМ BASF (Німеччина), для приготування розчинів використовували дистильовану воду. Агар, фурцелларан, желатин та каппа-карагенан є гідроколоїдами, які можуть утворювати гелі при диспергуванні у воді відповідних концентрацій. Концентрація, необхідна для утворення гелю, залежить від різних факторів, таких як тип гідроколоїду, температура та рН.

Експериментально були досліджені модельні системи «агар 1,0 %-вода», «фурцелларан 1,5 %-вода», «желатин 4,0 %-вода» та «каппа-карагінан 1,5 %-вода» при додаванні в ці системи гліцерину від 10,0 % до 50,0 %.

У випадку агару зазвичай використовується концентрація 1,0 % для утворення гелю з бажаними властивостями. Було встановлено, що ця концентрація забезпечує хороший баланс між міцністю та прозорістю гелю, що робить його придатним для різноманітних застосувань.

Фурцелларан — це тип гідроколоїду, отриманого з морських водоростей, який може утворювати гелі при низьких концентраціях. Концентрація 1,5 % зазвичай використовується для формування фурцелларанового гелю, який демонструє хорошу міцність гелю, еластичність і прозорість.

Желатин є гідроколоїдом на білковій основі, який також може утворювати гелі при низьких концентраціях. Проте для формування желатинового гелю, який має хорошу міцність і прозорість гелю зазвичай використовується концентрація від 4,0 %.

Каппа-карагенан — ще один тип гідроколоїду, отриманого з морських водоростей, який зазвичай використовується в харчових продуктах та інших промислових цілях. Каппа-карагенан утворює гелі в концентраціях вище 1,0 %, зазвичай між 1,5-2,0 %. Концентрація 1,5 % каппа-карагенану у воді часто використовується для утворення гелю з міцною текстурою та хорошою термічною стабільністю. Було встановлено, що ця концентрація забезпечує хорошу міцність і еластичність гелю, що робить його придатним для різних застосувань, зокрема й у виготовленні гелевих систем для виробництва батончиків.

Підсумовуючи, вибрані концентрації для агару, фурцелларану, желатину та каппа-карагенану ґрунтуються на попередніх дослідженнях і усталеній практиці виробництва гелів із бажаними властивостями.

Систему «агар 1,0 %-вода» з додаванням гліцерину готували наступним чином. Наважку сухого компоненту всипали у воду за температури 20 ± 2 °С, перемішували, після чого вносили гліцерин в інтервалі 10,0...50,0 % з кроком в 10,0 % та залишали для набухання протягом 30-40×60 с. Далі на водяній бані нагрівали даний розчин при температурі 85-95 °С до повного розчинення агару. Після цього систему розливали у 3 бюкси та залишали при температурі 20 ± 2 °С у межах 300×60 с до утворення гелю.

Системи «фурцелларан 1,5 %-вода», «желатин 4,0 %-вода» та «каппа-карагінан 1,5 %-вода»

готували за принципом наведеним вище. Сухий компонент всипали у воду за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$, перемішували, вносили гліцерин та залишали для набухання протягом 30-40×60 с. Далі розчин нагрівали за температури від 50°C до 95°C до повного розчинення відповідного сухого компоненту. Після цього відповідний розчин розливали у бюкси та залишали при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ у межах 300×60 с до утворення гелю.

Дослідження міцності гелів визначали на приладі Валента після структуроутворення розчинів протягом 300×60 с за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$. У якості контрольних зразків були взяті модельні системи «агар 1,0 %-вода», «фурцеларан 1,5 %-вода», «желатин 4,0 %-вода» та «каппа-карагінан 1,5 %-вода» без додавання гліцерину.

На рис. 1 наведено залежність міцності структури гелю на основі агару від вмісту гліцерину.

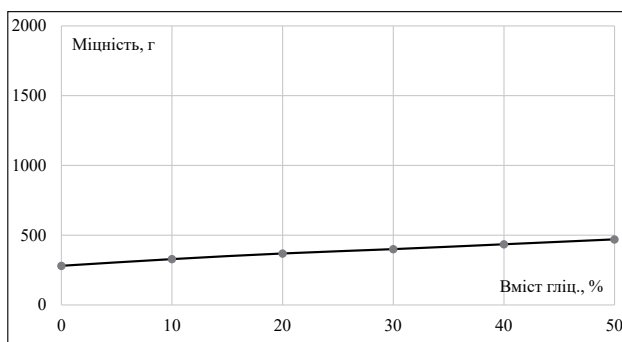


Рис. 1. Залежність міцності структури гелю на основі агару від вмісту гліцерину

Як видно з рис. 1, при збільшенні вмісту гліцерину, міцність гелю на основі агару збільшується від $280,7 \pm 2,0$ до $470,2 \pm 2,0$ г. Досліджено, що міцність системи, яка містить 1,0 % агару, без внесення гліцерину, становить $280,7 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, її міцність збільшується з $280,7 \pm 2,0$ до $328,6 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $280,7 \pm 2,0$ до $369,0 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0, 40,0 та 50,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $400,2 \pm 2,0$ г, $435,0 \pm 2,0$ г та $470,2 \pm 2,0$ г відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що внесення гліцерину у систему, яка містить 1,0 % агару, позитивно впливає на структуру готового гелю, адже значно збільшує його міцність.

На рис. 2 наведено залежність міцності структури гелю на основі фурцелларану від вмісту гліцерину.

На кривій рис. 2 показано збільшення міцності гелю на основі фурцелларану від $28,0 \pm 2,0$ до $32,3 \pm 2,0$ г, при додаванні гліцерину в інтервалі 10,0...50,0 % з кроком в 10,0 %. Встановлено, що міцність системи, яка містить 1,5 % фурцелларану, без внесення гліцерину, становить $28,0 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, міцність гелю збільшується з $28,0 \pm 2,0$ до $32,3 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $28,0 \pm 2,0$ до

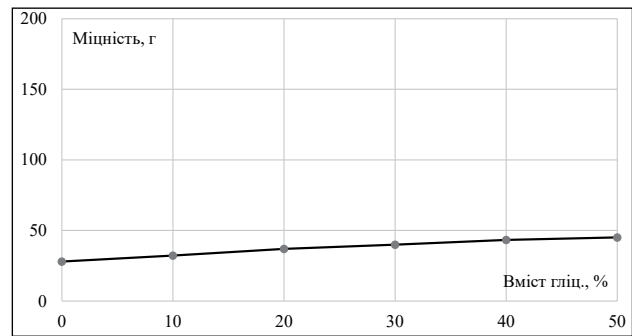


Рис. 2. Залежність міцності структури гелю на основі фурцелларану від вмісту гліцерину

$37 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0, 40,0 та 50,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $40,0 \pm 2,0$ г, $43,3 \pm 2,0$ г та $45,1 \pm 2,0$ г відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що внесення гліцерину у систему, яка містить 1,5 % фурцелларану призводить до збільшення міцності гелю, проте у порівнянні з системою на основі агару, вона характеризується досить низькою міцністю структури гелю.

На рис. 3 наведено залежність міцності структури гелю на основі фурцелларану від вмісту гліцерину.

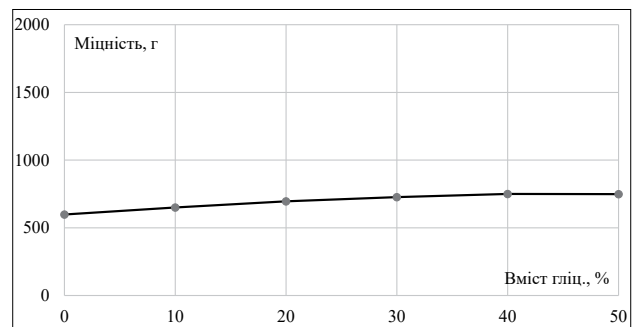


Рис. 3. Залежність міцності структури гелю на основі каппа-карагінану від вмісту гліцерину

На рис. 3 видно, що при збільшенні вмісту гліцерину, міцність гелю на основі каппа-карагінану збільшується від $598,2 \pm 2,0$ до $748,6 \pm 2,0$ г. Досліджено, що міцність системи, яка містить 1,5 % каппа-карагінану, без внесення гліцерину, становить $598,2 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, міцність гелю збільшується з $598,2 \pm 2,0$ до $650,5 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $598,2 \pm 2,0$ до $695,4 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0 та 40,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $727,0 \pm 2,0$ г та $750,1 \pm 2,0$ г відповідно. Додавання 50,0 % гліцерину у систему призводить до зменшення міцності гелю до $548,6 \pm 2,0$ г. Ймовірно, що при додаванні такої кількості гліцерину, деякі частинки сухого компоненту – каппа-карагінану не набухають, і в результаті під час нагрівання системи, повністю не розчиняються, тому міцність гелю зменшується.

Таким чином можна стверджувати, що при додаванні до 40,0 % гліцерину у систему, яка містить 1,5 % каппа-карагінану, міцність гелю збільшується та залишається високою. Збільшення кількості гліцерину до 50,0 % призводить до зниження міцності системи і є недоцільним.

На рис. 4 наведено залежність міцності структури гелю на основі желатину від вмісту гліцерину.

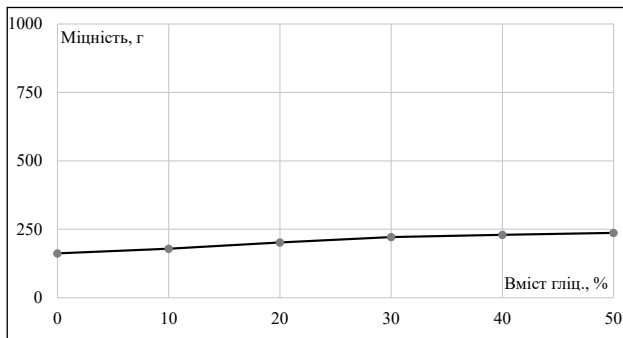


Рис. 4. Залежність міцності структури гелю на основі желатину від вмісту гліцерину

Як видно з рис. 4, при збільшенні вмісту гліцерину, міцність гелю на основі желатину збільшується від $162,2 \pm 2,0$ до $237,0 \pm 2,0$ г. Досліджено, що міцність системи, яка містить 4,0 % желатину, без внесення гліцерину, становить $162,2 \pm 2,0$ г. При додаванні до системи 10,0 % гліцерину, її міцність збільшується з $162,2 \pm 2,0$ до $179,4 \pm 2,0$ г. При збільшенні вмісту гліцерину до 20,0 %, міцність гелю збільшується з $162,2 \pm 2,0$ до $202,1 \pm 2,0$ г. Подальше внесення гліцерину в кількості 30,0, 40,0 та 50,0 % призводить до збільшення міцності гелю на $222,0 \pm 2,0$ г, $229,8 \pm 2,0$ г та $237,0 \pm 2,0$ г відповідно.

Таким чином можна стверджувати, що внесення гліцерину у систему, яка містить 4,0 % желатину, позитивно впливає на структуру готового гелю, адже міцність його збільшується. Проте у порівнянні з системами на основі агару та каппа-карагінану, дана система характеризується нижчою міцністю структури гелю.

Щодо порівняння отриманих результатів міцності гелевих систем з результатами органолептичної оцінки слід зазначити, що для гелю на основі агару додавання гліцерину значно підвищило міцність гелю, при цьому сенсорна оцінка показала, що текстура гелю стала твердішою та крихкішою зі збільшенням концентрації гліцерину, але залишалася прийнятною для споживання до концентрації 30 %

Для гелів на основі фуцеллану та желатину збільшення концентрації гліцерину призвело до збільшення міцності гелю. Сенсорна оцінка показала, що текстура гелів ставала твердішою та еластичнішою зі збільшенням концентрації гліцерину до 20 %, Однак при збільшенні концентрації органолептичні показники погіршувались, зокрема погіршився колір, а також гелі мали неприємний смак.

У випадку гелю на основі каппа-карагінану додавання гліцерину також призвело до збіль-

шення міцності гелю. Однак важливо відзначити, що гель, який містить від 40 % гліцерину, мав нижчу оцінку з точки зору органолептичних властивостей, що вказує на те, що текстура та відчуття в роті були не такими бажаними, як при нижчій концентрації гліцерину. Тому, хоча вищі концентрації гліцерину можуть призвести до більш міцних гелів, органолептичні властивості можуть погіршуватись.

Загалом результати свідчать про те, що вибір гідроколоїду та концентрація гліцерину можуть значно вплинути на текстуру та сенсорні властивості отриманого гелю.

Висновки. Досліджено залежність міцності структури гелів на основі агару, фуцеллану, каппа-карагінану та желатину від вмісту гліцерину, який вносили у систему структуроутворювач-гліцерин-вода.

В результаті експериментального дослідження встановлено, що при додаванні гліцерину в інтервалі 10,0...50,0 % у модельні системи на основі агару, фуцеллану та желатину, збільшується міцність структури гелю. Внесення гліцерину у систему на основі каппа-карагінану є доцільним в інтервалі 10,0...40,0 %. Додавання понад 40,0 % гліцерину призводить до зниження міцності гелю. Також встановлено, що система на основі фуцеллану характеризується значно меншими показниками міцності гелю в порівнянні зі зразками на основі агару, каппа-карагінану та желатину.

Отримані результати мають практичне значення для розрахунку та встановлення діапазону концентрацій структуроутворювача та зв'язуючого компоненту в рецептурі у процесі виробництва батончиків шоколадних на основі, досліджених в роботі, гелеутворювачів.

У подальшому для розроблення технологічного процесу виробництва батончиків шоколадних необхідно провести дослідження температури плавлення гелів на основі агару з додаванням гліцерину.

Література

1. Камбулова Ю.В., Матяс Д.С., Маліновський В.В. Реологічні показники мармеладних мас на агарі і каррагінані з різновидами цукрів. Технології харчових продуктів і комбікормів: матеріали міжнародної наук.-практ. конф. Одеса, 2017. С. 24-26.
2. Zhan J., Wang H., Zheng H., Xie J., Wang X. Agar gel strength: Analysis of Influencing Factors on Viscosity of Agar Solution for Capsules. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1653. P. 012059.
3. Bertasa M., Dodero A., Alloisio M., Vicini S., Riedo C., Sansonetti A., Scalarone D., Castellano M. (2020), "Agar gel strength: A correlation study between chemical composition and rheological properties", *European Polymer Journal*, Vol 123.
4. Damian Frank, Graham T. Eyres, Udayasika Piyasiri, Maeva Cochet-Broch, Conor M. Delahunty, Leif Lundin, and Ingrid M. (2015), "Effects of Agar Gel Strength and Fat on Oral Breakdown, Volatile

Release, and Sensory Perception Using in Vivo and in Vitro Systems”, *Appelqvist Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 63 (41), 9093-9102.

5. Jian Sun, Fazheng Ren, Yuanyuan Chang, Pengjie Wang, Yuan Li, Hao Zhang, Jie Luo, (2018), “Formation and structural properties of acid-induced casein–agar double networks: Role of gelation sequence”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 85, P. 291-298.

6. Suthasinee Yarnpakdee Soottawat Benjakul Passakorn Kingwascharapong, (2015), “Physico-chemical and gel properties of agar from *Gracilaria tenuistipitata* from the lake of Songkhla, Thailand”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 51, P. 217-226.

7. Губский С. М., Музыка Я.И., Фощан А. Л., Евлаш В. В., Калугін О. Н. Реологічні властивості водних розчинів агару та желатину для желейних виробів. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Хімія, 2018. Вип. 31. с. 64-78.

8. Горальчук А. Б., Троций Т. В., Сабодш Г. О., Дослідження впливу технологічних чинників на міцність гелів капа-карагану. Оборудование и технологии пищевых производств. Тематический сборник научных трудов. 2012. № 29 (1). с. 264.

9. Гурський П. В., Бідюк Д.О., Перцевой Ф.В., Дослідження впливу агару на реологічні характеристики паст закусочних. Прогресивні техніки та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр./відпов. ред. О.І.Черевко. Харків: ХДУХТ, 2009. Вип. 2 (10). с. 63-69.

10. Овсянникова Л.Г., Перцевой Ф.В., Бідюк Д.О. Вивчення міцності змішаних гелів на основі агару. Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукр. наук.- практ. конф. молодих учених і студентів (7 квітня 2016 р.) : [тези у 2-х ч.]. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. с. 34.

11. Дорохович А. М., Мурзін А. В., Клепиков І. Л. Тиксотропія кондитерських агарових гелів. Хлебный и кондитерский бизнес. 2014. № 6 (19). с. 34-37.

References

1. Kambulova Yu.V., Matias D.S., Malinovskiy V.V. (2017). Reolohichni pokaznyky marmeladnykh mas na ahari i karrahinani z riznovydamy tsukriv. [Rheological indicators of marmalade masses on agar and carrageenan with various types of sugars]. Odesa: Tekhnolohii kharchovykh produktiv i kombikormiv: materialy mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. [in Ukrainian].

2. Zhan J., Wang H., Zheng H., Xie J., Wang X. Agar gel strength: Analysis of Influencing Factors on Viscosity of Agar Solution for Capsules. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1653. P. 012059.

3. Bertasa M., Doderio A., Alloisio M., Vicini S., Riedo C., Sansonetti A., Scalarone D., Castellano M. (2020), “Agar gel strength: A correlation study between chemical composition and rheological properties”, *European Polymer Journal*, Vol 123.

4. Damian Frank, Graham T. Eyres, Udayasika Piyasiri, Maeva Cochet-Broch, Conor M. Delahunty, Leif Lundin, and Ingrid M. (2015), “Effects of Agar Gel Strength and Fat on Oral Breakdown, Volatile Release, and Sensory Perception Using in Vivo and in Vitro Systems”, *Appelqvist Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 63 (41), 9093-9102.

5. Jian Sun, Fazheng Ren, Yuanyuan Chang, Pengjie Wang, Yuan Li, Hao Zhang, Jie Luo, (2018), “Formation and structural properties of acid-induced casein–agar double networks: Role of gelation sequence”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 85, P. 291-298.

6. Suthasinee Yarnpakdee Soottawat Benjakul Passakorn Kingwascharapong, (2015), “Physico-chemical and gel properties of agar from *Gracilaria tenuistipitata* from the lake of Songkhla, Thailand”, *Food Hydrocolloids*, Vol. 51, P. 217-226/

7. Hubskeyi S. M., Muzyka Ya.I., Foshchan A. L., Yevlash V. V., Kaluhin O. N. (2018). Reolohichni vlastyvoli vodnykh rozchyniv aharu ta zhelatynu dlia zheleinykh vyrobiv. [Rheological properties of aqueous solutions of agar and gelatin for jelly products]. Kharkiv: Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya : Khimiia. №. 31 [in Ukrainian].

8. Horalchuk A. B., Troshchyi T. V., Sabadosh H. O. (2012). Doslidzhennia vplyvu tekhnolohichnykh chynnykivna mitsnist heliv kapa-karahinanu. [Study of the influence of technological factors on the strength of kappa-carrageenan gels.]. Donetsk: Oborudovanie i tehnologii pishevyykh proizvodstv. Tematicheskyy sbornik nauchnykh trudov. № 29 (1) [in Ukrainian].

9. Hurskyi P. V., Bidiuk D.O., Pertsevoi F.V. (2009). Doslidzhennia vplyvu aharu na reolohichni kharakterystyky past zakusochnykh. [Study of the influence of agar on the rheological characteristics of snack food pastes]. Kharkiv: Prohresyvnii tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnyctv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. pr. №. 2 (10) [in Ukrainian].

10. Ovsiannikova L. H., Pertsevoi F. V., Bidiuk D. O. (2016). Vyvchennia mitsnosti zmishanykh heliv na osnovi aharu. [Study of strength of mixed gels based on agar]. Kharkiv: Innovatsiini tekhnolohii rozvytku u sferi kharchovykh vyrobnyctv, hotelno-restorannoho biznesu, ekonomiky ta pidpriemnyctva. Ch. 1. [in Ukrainian].

11. Dorokhovych A. M., Murzin A. V., Klepikov I. L. (2014). Tyksotropiia kondyterskykh aharovykh heliv [Thixotropy of confectionery agar gels]. Hlebnyiy i konditerskiy biznes. 2014. № 6 (19). s. 34-37. [in Ukrainian].



Г. М. Господаренко,
доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: hospodarenko@gmail.com



С. П. Полторецький,
доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри рослинництва
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: poltorec@ukr.net



В. В. Любич,
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри харчових технологій
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: LyubichV@gmail.com



В. В. Новіков,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: 1990vovanovikov1990@gmail.com



В. В. Желєзна,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: valieria.voziiian07@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ХЛІБА З ДОБАВЛЯННЯМ БОРОШНА ГАРБУЗОВОГО

Встановлено, що ймовірність впливу кількості борошна на показники упікання та усушки готового виробу були досить низькими. Із ймовірністю 67 % зміна кількості борошна мала достовірний вплив на упікання, а ймовірність такого впливу на усушку не перевищувала 10 %. Показники об'єму та питомого об'єму тіста і готового виробу достовірно змінювались залежно від кількості борошна гарбузового. Тенденції зміни показників об'єму, а також питомого об'єму тіста та хліба були подібними. Збільшення кількості борошна зумовлювало достовірне й істотне зменшення вказаних показників. Ймовірність зміни показника маси хліба, що виробляли із 100 г борошна була досить низькою й не перевищувала 78 %.

Із досить низькою ймовірністю можна стверджувати про зменшення маси хліба за додавання максимальної кількості борошна гарбузового (20 %). Контрольний зразок та інші варіанти дослідження (кількість борошна від 5 до 15 %) мали подібну масу хліба, що становила 129 г.

Із високою ймовірністю показник відношення об'єму хліба до об'єму тіста змінювався залежно від кількості борошна гарбузового. Найбільше значення відповідного показника (2,1) було зафіксовано у контрольному зразку. Збільшення кількості борошна гарбузового достовірно та істотно зменшувало значення вказаного показника. Менш суттєві зміни

фіксували за добавлення 5 і 10 % борошна гарбузового (показник зменшувався на 0,1–0,2). Суттєве зменшення показника фіксували за добавлення 15–20 % борошна гарбузового.

Ймовірність впливу кількості борошна гарбузового на показник випуклості була високою (92 %). За максимальної кількості борошна гарбузового (20 %) фіксували зменшення показника випуклості на 0,03, порівняно із контрольним зразком. Зміна показника випуклості за добавлення 5–10 % борошна гарбузового була малоїмовірною.

У результаті проведених досліджень встановлено, що ймовірність впливу кількості борошна гарбузового на показники якості була різною. Так, ймовірність впливу кількості борошна на показники упікання та усушки готового виробу були досить низькою. Показники об'єму та питомого об'єму тіста і готового виробу достовірно змінювались залежно від кількості борошна гарбузового. Ймовірність зміни показника маси хліба, що виробляли із 100 г борошна була досить низькою й не перевищувала 78 %, тоді як ймовірність впливу кількості борошна гарбузового на показник випуклості була високою (92 %).

Ключові слова: борошно пшеничне, борошно гарбузове, хліб, технологічні параметри якості хліба.

H. M. Hospodarenko,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

S. P. Poltoretskyi,

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Plant Growing
Uman National Horticulture University (Uman, Ukraine)

V. V. Liubych,

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Food Technologies
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

V. V. Novikov,

Phd of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technologies
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

V. V. Zheliezna,

Phd of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technologies
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PUMPKIN FLOUR BREAD

It was found that the effect of the amount of added flour on the indicators of baking and drying of the finished product was quite low. With 67 % probability, a change in the amount of added flour had a reliable effect on baking, and the probability of such an effect on baking did not exceed 10%. The indicators of the volume and specific dough volume and the finished product varied reliably depending on the amount of added pumpkin flour. Change trends in the volume indicators, as well as the specific volume of dough and bread were similar. The increase in flour amount led to a reliable and significant decrease in the above mentioned indicators.

The probability of change in the weight of bread produced from 100 g of flour was quite low and did not exceed 78%. With rather low probability, it is possible to claim a decrease in the bread mass with the addition of the maximum amount of pumpkin flour (20%). The control sample and other experimental variants (the amount of added flour from 5 to 15%) had a similar bread mass – 129 g. With a high probability, the ratio indicator of the bread volume to the dough volume changed depending on the amount of added pumpkin flour. The highest value of the corresponding indicator (2.1) was fixed in the control sample. An increase in the amount of added pumpkin flour reliably and significantly reduced the value of the mentioned indicators. Less significant changes were recorded with the addition of 5 and 10% of pumpkin flour (indicator decreased by 0.1–0.2). A significant decrease in the indicator was recorded with the addition of 15–20% of pumpkin flour.

The effect probability of the amount of added pumpkin flour on the bulge indicator was high (92%). At the maximum amount of added pumpkin flour (20%), a decrease in the bulge indicator by 0.03 was recorded, compared to the control sample. A change in the bulge indicator with the addition of 5–10% of pumpkin flour was hardly probable.

As a result of the conducted research, it was found that the effect probability of the amount of added pumpkin flour on the quality indicators was different. Thus, the probability of the influence of the added flour amount on the indicators of baking and drying of the finished product was quite low. The indicators of the volume and specific volume of the dough and the finished product varied reliably depending on the amount of added pumpkin flour. The probability of a change in the bread mass produced from 100 g of flour was quite low and did not exceed 78%, while the probability of the influence of the amount of added pumpkin flour on the bulge indicator was high (92%).

Key words: wheat flour, pumpkin flour, bread, technological parameters of bread quality.

Постановка проблеми. Важливу роль у харчуванні людини мають хліб і хлібобулочні вироби. Зазвичай хліб пшеничний є джерелом незамінних речовин та енергії для організму людини [1]. Нині функціональні продукти набувають популярності. Попит, що зростає на продукцію хлібобулочних виробів з функціональними властивостями, зумовлений прагненням підтримувати здоровий спосіб життя [2]. У такій стра-

тегії харчування гарбуз має важливе значення, оскільки має цілу низку корисних властивостей. М'якоть містить комплекс вітамінів, харчових волокон та антиоксидантів [3, 4].

Під час виробництва функціональних продуктів доцільно застосовувати овочі у вигляді порошку (борошно). За дотримання технологічного режиму овочево борошно зберігає майже всі біологічно цінні речовини, що входять до

складу сировини, у тому числі й значну частку вітамінів [4].

Борошно гарбузове є одним із продуктів переробки плодів гарбуза, який можна легко зберігати упродовж тривалого часу та зручно використовувати у технології продуктів харчування. Борошно гарбузове можна використовувати як доповнення до борошна зернового в хлібобулочних, кондитерських виробках, макаронах, харчо концентратах для поліпшення поживних, фізичних і органолептичних властивостей цих продуктів [5, 6].

Аналіз останніх досліджень. Збагачення хліба зерновими добавками, такими як амарант, гречка, кіноа та тритикале забезпечує користь для здоров'я без зміни органолептичних властивостей і є хорошим джерелом клітковини, полі фенолів та антиоксидантів [7, 8]. Заміна 15 % борошна пшеничного у рецептуру хліба борошном гречаним істотно не впливає на фізичні властивості тіста та органолептичні властивості хліба, такі як зовнішній вигляд, смак і запах. Проте при збагачуванні у хлібові збільшується загальний вміст фенольних та антиоксидантних речовин [9]. Добавляння сої у хліб підвищує рівень білка, водопоглинальну здатність тіста та зольність. При цьому зменшується об'єму хліба та змінюється колір м'якуша [10, 11]. Встановлено, що заміна борошна пшеничного на борошно з картоплі в кількості до 20 % підвищує вміст вітамінів, мінеральних речовин та антиоксидантну активність хліба, поліпшує органолептичні властивості, проте скоринка хліба стає твердішою й темнішою [12].

Вченими [13] встановлено, що добавляння 3,0 % порошку імбиру для збагачення хліба характеризується хорошими реологічними властивостями, має найвищу органолептичну оцінку та вдвічі більший вміст антиоксидантів порівняно з контролем. При добавлянні порошку насіння фенхелю в хліб поліпшуються фізико-хімічні та органолептичні властивості. Так, збільшення частки фенхелю посилює міцність м'якуша і підвищує його вологість і вміст антиоксидантів. При цьому оптимальне добавляння фенхелю становить 5–7 % [14].

У дослідженнях [15] показано, що збільшення частки м'якоті гарбуза від 5 до 20 % спричиняє зменшення об'єму хліба та підвищення твердості. Кулінарна якість хліба при добавлянні 5 % м'якоті гарбуза залишається високою. Збільшення кількості м'якоті до 10 % знижує кулінарну якість до задовільного рівня. Вченими [16] виявлено, що добавляння гарбузового пюре в тісто по різному впливає на технологічні параметри хліба – колір, пористість, еластичність м'якушки. При цьому в технології хліба оптимально добавляти 5–10 % гарбузовмісного напівфабрикату. Заміна пшеничного борошна на 5% гарбузового дозволяє отримати хліб із великим об'ємом і високими органолептичними властивостями [17]. Отже, застосування нетрадиційної сировини у технології виготовлення хлібу підвищує його якість. При цьому недостатньо вивчено вплив борошна гарбузового на технологічні параметри якості хліба з борошна пшеничного.

Метою статті було вивчення питання щодо формування технологічних параметрів хліба з добавлянням борошна гарбузового.

Методика досліджень. Приготування борошна гарбузового здійснювали у лабораторних умовах кафедри харчових технологій Уманського національного університету садівництва. Тісто готували зі 100 г борошна вищого сорту 70%-го виходу вологістю 14 % з добавлянням 3 % дріжджів пресованих і 1,5 % солі кухонної, води питної – згідно водопоглинальної здатності борошна або 55–60 %. Борошно гарбузове добавляли відповідно до рецептури (табл. 1). Після цього його обробляли, формували, уміщували у термостат (температура 28–32°C), випікали у печі (температура 200–220°C) упродовж 15–20 хв.

Таблиця 1

Рецептура хліба з добавлянням борошна гарбузового

Компонент	Кількість складових борошняної суміші, %				
	100	95	90	85	80
Борошно пшеничне	100	95	90	85	80
Борошно гарбузове	0	5	10	15	20

Контролем були проби хліба, приготованого без добавляння борошна гарбузового. Готові вироби оцінювали через 4 год після випікання за органолептичними і фізико-хімічними показниками. Фізико-хімічні показники якості (пористість і питомий об'єм) визначали за ДСТУ 7045:2009.

Упікання хліба визначали за формулою

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{100 \cdot m_1} \quad (1)$$

де Y – упікання хліба, %;

m_1 – маса тіста, г;

m_2 – маса гарячого хліба, г.

Усушку хліба визначали за формулою

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{100 \cdot m_1} \quad (1)$$

де Y – усушка хліба, %;

m_1 – маса гарячого хліба, г;

m_2 – маса охолодлого хліба, г.

Питомий об'єм визначали за формулою

$$V_p = \frac{V}{m} \quad (2)$$

де V_p – питомий об'єм, см³/г;

V – об'єм хліба, см³;

m – маса хліба, г.

Об'єм хліба виражали у см³ до 100 г суміші борошна пшеничного й гарбузового та в см³ до 100 г тіста. Питомий об'єм визначали у см³/г хліба та см³/г тіста.

Первинний аналіз даних аналітичних повторювань здійснювали згідно загальноприйнятої методики [18–20]. Розрахунки здійснювали за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення StatSoft; Microsoft Office 2021.

Основні результати дослідження. Відповідно до результатів соціального опитування потенційних споживачів [21, 22], зовнішній вигляд має важливе значення під час прийняття

рішення про придбання продукту харчування. Особливе значення зовнішній вигляд має для продуктів, що не є традиційними або відомими для споживача. Тому глибоке дослідження показників, що характеризують споживчі властивості готового виробу має важливе значення.

Ймовірність впливу кількості борошна на показники упікання та усушки готового виробу були досить низькими (рис. 1). Із ймовірністю 67 % зміна кількості борошна мала достовірний вплив на упікання, а ймовірність такого впливу на усушку не перевищувала 10 %.

Показники об'єму та питомого об'єму тіста і готового виробу достовірно змінювались залежно від кількості борошна гарбузового (рис. 2). Об'єм хліба знижувався від 220 до 158 см³/100 г тіста або від 350 до 250 см³/100 г борошняної суміші залежно від кількості борошна гарбузового.

Тенденції зміни показників об'єму (рис. 2а; 2б), а також питомого об'єму тіста (рис. 2в) та хліба (рис. 2г) були подібними. Збільшення кількості борошна зумовлювало достовірне й істотне зменшення вказаних показників.

Ймовірність зміни показника маси хліба, що виробляли із 100 г борошна була досить низькою й не перевищувала 78 % (рис. 3). Отже, добавлення борошна гарбузового в рецептуру хліба не впливає на його масу після випікання.

Із досить низькою ймовірністю можна стверджувати про зменшення маси хліба за добавлення максимальної кількості борошна гарбузового (20 %). Контрольний зразок та інші варіанти дослідів (кількість борошна гарбузового від 5 до 15 %) мали подібну масу хліба, що становила 129 г.

Із високою ймовірністю показник відношення об'єму хліба до об'єму тіста змінювався залежно від кількості борошна гарбузового (рис. 4, рис. 5). Найбільше значенні відповідного показника (2,1) було зафіксовано у контрольному зразку. Збільшення кількості борошна гарбузового достовірно та істотно зменшувало значення вказаного показника. Менш суттєві зміни фіксували за добавлення 5 і 10 % борошна гарбузового (показник зменшувався на 0,1–0,2). Суттєве зменшення показника фіксували за добавлення 15–20 % борошна гарбузового.

Ймовірність впливу кількості борошна гарбузового на показник випуклості була високою (92 %). За максимальної кількості борошна гарбузового (20 %) фіксували зменшення показника випуклості на 0,03, порівняно із контрольним

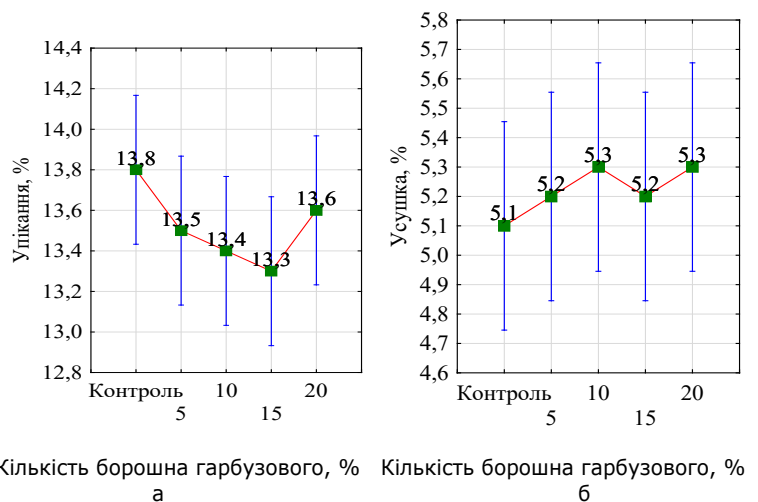


Рис. 1. Властивості хліба залежно від кількості борошна гарбузового: а – упікання; б – усушка

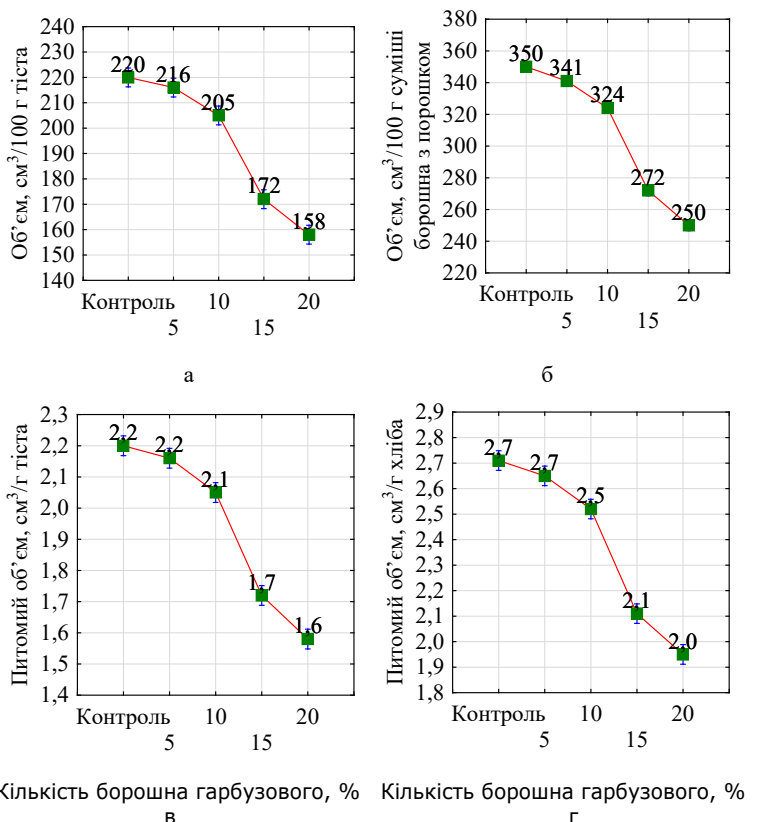


Рис. 2. Реологічні властивості залежно від кількості борошна гарбузового: а – об'єм у перерахунку на 100 г тіста; б – об'єм у перерахунку на 100 г суміші борошна пшеничного і борошна гарбузового; в – питомий об'єм тіста; г – питомий об'єм хліба

зразком. Зміна показника випуклості за добавлення 5–10 % борошна гарбузового була мало ймовірною.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що ймовірність впливу кількості борошна гарбузового на показники якості була різною. Так, ймовірність впливу кількості борошна на показники упікання та усушки готового виробу були досить низькою. Показники об'єму та питомого об'єму тіста та готового виробу

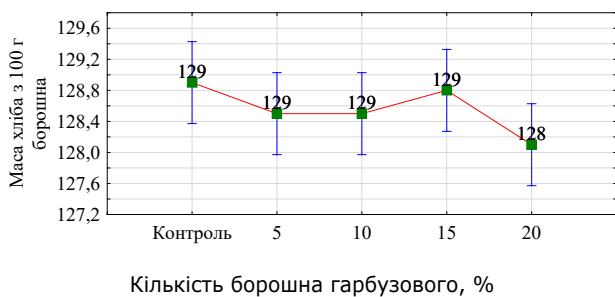


Рис. 3. Маса хліба із 100 г борошняної суміші з різним вмістом борошна гарбузового, г

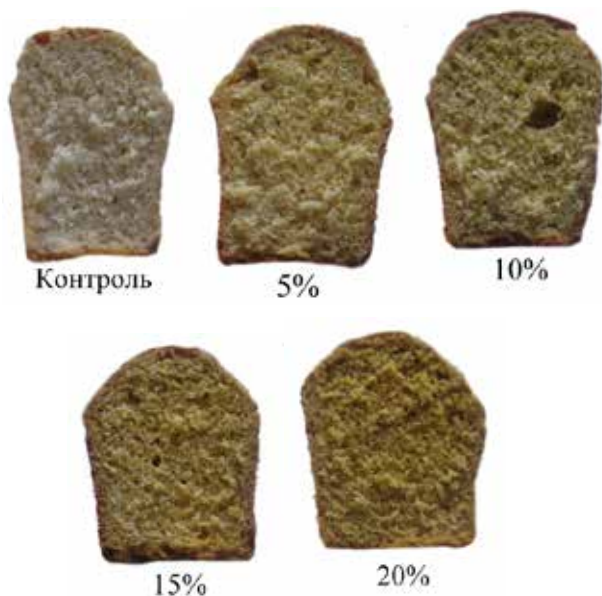


Рис. 5. Зовнішній вигляд розрізу хліба з додаванням борошна гарбузового

достовірно змінювались залежно від кількості борошна гарбузового. Ймовірність зміни показника маси хліба, що виробляють із 100 г борошна була досить низькою й не перевищувала 78 %, тоді як ймовірність впливу кількості борошна гарбузового на показник випуклості була високою (92 %).

Література

- Guiné R. P., Florença S. G., Barroca M. J. The link between the consumer and the innovations in food product development. *Foods*. 2020. Vol. 9. Article number 1317.
- Господаренко Г. М. та ін. Оптимізація функціональних параметрів харчових продуктів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2022. Вип. 100. Ч. 1. С. 169–179.
- Ebrahimi M. et al. Application of cereal-bran sourdoughs to enhance technological functionality of white wheat bread supplemented with pumpkin (*Cucurbita pepo*) puree. *LWT*. 2022. Vol. 158. P. 113–119.
- Gurung et al. Physical, nutritional and sensory quality characteristics of semi – sweet type

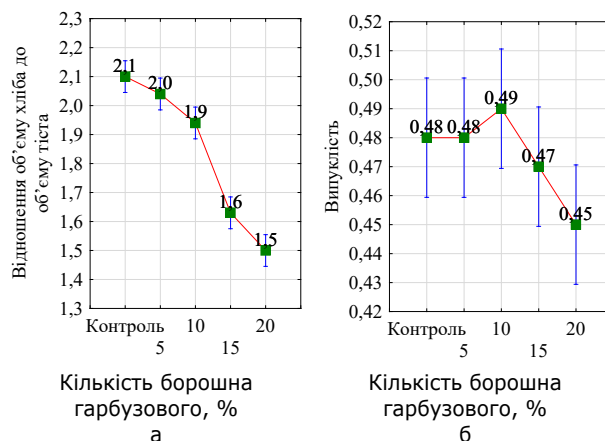


Рис. 4. Властивості хліба залежно від кількості борошна гарбузового: а – відношення об'єму хліба до об'єму тіста, б – випуклість хліба

biscuit made by mixing wheat flour and pumpkin puree. *J Food Sci. Technol.* 2016. Vol. 9. P. 85–89.

5. Любич В. В. та ін. Якість хліба з борошном гарбузовим різних сортів. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 4. С.74–81.

6. Arslan-Tontul S., Uslu C. C., Mutlu C. Expected glycemic impact and probiotic stimulating effects of whole grain flours of buckwheat, quinoa, amaranth and chia. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. P. 1–8.

7. Cyran M. R., Dyrkowska W. M., Ceglińska A. Improving rye bread antioxidant capacity by breadmaking methodology: Contribution of phosphate-buffered saline-and methanol-soluble phenolic phytochemicals with different molecular profiles. *Journal of Cereal Science*. 2021. Article number 103262.

8. Любич В. В., Железна В. В., Стратуца Я. С. Перспективи використання тритикале в хлібопекарській промисловості. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №3. С. 133–143.

9. Selimović A. et al. The effect of baking temperature and buckwheat flour addition on the selected properties of wheat bread Croat. *J. Food Sci. Technol.* 2014. Vol. 6 (1). P. 43–50.

10. Ayele H. H., Bultosa G., Abera T. Nutritional and sensory quality of wheat bread supplemented with cassava and soybean flours. *Cogent Food & Agriculture*. 2017. Vol. 3. Article number 1331892.

11. Tavan Z. et al. Effect of sesame meal and soluble soybean polysaccharide on properties of Barbary bread. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 48. P. 333–342.

12. Mau J. L. et al. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of bread partially substituted with aerial parts of sweet potato. *LWT*. 2020. P. 117.

13. Balestra F., Cocci E., Pinnavaia G. Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *LWT-Food Science and Technology*. 2011. Vol. 44. P. 700–705.

14. Das L., Raychaudhuri U., Chakraborty R. Herbal fortification of bread with fennel seeds.

Food Technology and Biotechnology. 2013. Vol. 51. P. 434.

15. Sara M. S., Amira M. Evaluation of Physical and Sensory Characteristics of Jam and Cake Processed Using Pumpkin (*Cucurbita moschata*) Middle East. *Journal of Applied Sciences*. 2018. Vol. 8. P. 295–306.

16. Ryo R. et. al. Wheat Bread with Pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) Pulp as a Functional Food Product. *Food Technol. Biotechnol.* 2014. Vol. 52 (4). P. 430–438.

17. Любич В. В. Значення виду жирозамінника в технології кексів. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 88–94.

18. Дубовой В. М. та ін. *Моделювання та оптимізація систем*. Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс». 2017. 804 с.

19. Поперечний А. М., Потапов В. О., Корнійчук В. Г. *Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв*. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 312 с.

20. Остапчук М. В., Станкевич Г. М. *Математичне моделювання на ЕОМ*. Одеса: Друк, 2010. 313 с.

21. Любич В. В., Железна В. В., Карпенко В. П., Новіков В. В. Технологічні параметри якості печива пісочного з додаванням борошна гарбузового різних сортів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. 2022. Том 33 (72) № 5. С. 275–279.

22. Любич В. В., Железна В. В., Грабова Д. М. Якість кексів з тритикале, збагаченого пастою гарбузовою. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 2. С. 17–28.

References

1. Guiné, R. P., Florença, S. G., Barroca, M. J. (2020). The link between the consumer and the innovations in food product development. *Foods*, 2020, 9, Article number 1317.

2. Gospodarenko, H. M. et al. (2022). Optymizatsiia funktsionalnykh parametrov kharchovykh produktiv [Optimization of functional parameters of food products]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* [Collection of scientific papers of the Uman National University of Horticulture], 2022, 100, 1, pp. 169–179. [in Ukrainian]

3. Ebrahimi, M. et. al. Application of cereal-bran sourdoughs to enhance technological functionality of white wheat bread supplemented with pumpkin (*Cucurbita pepo*) puree. *LWT*, 2022, 158, pp. 113–119.

4. Gurung et al. (2016). Physical, nutritional and sensory quality characteristics of semi – sweet type biscuit made by mixing wheat flour and pumpkin puree. *J Food Sci. Technol*, 2016, 9, pp. 85–89.

5. Lyubich, V. V. et al. (2022). Yakist khliba z boroshnom harbuzovym riznykh sortiv [Quality of bread with pumpkin flour of different varieties]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], 2022, 4, pp. 74–81. [in Ukrainian].

6. Arslan-Tontul, S., Uslu, C. C., Mutlu, C. (2021). Expected glycemic impact and probiotic stimulating effects of whole grain flours of buckwheat, quinoa, amaranth and chia. *Journal of Food Science and Technology*, 2021, pp. 1–8.

7. Cyran, M. R., Dynkowska, W. M., Ceglińska, A. (2021). Improving rye bread antioxidant capacity by breadmaking methodology: Contribution of phosphate-buffered saline-and methanol-soluble phenolic phytochemicals with different molecular profiles. *Journal of Cereal Science*, 2021, Article number 103262.

8. Lyubich, V. V., Zhelezna, V. V., Stratutsa, J. S. (2022). Perspektyvy vykorystannia trytykale v khlibopekarskii promyslovosti [Prospects for the use of triticale in the bakery industry]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin. Series: Technical sciences], 2022, 3, pp. 133–143. [in Ukrainian].

9. Selimović, A. et al. (2014). The effect of baking temperature and buckwheat flour addition on the selected properties of wheat bread Croat. *J. Food Sci. Technol.*, 2014, 6, (1), pp. 43–50

10. Ayele, H. H., Bultosa, G., Abera, T. (2017). Nutritional and sensory quality of wheat bread supplemented with cassava and soybean flours. *Cogent Food & Agriculture*, 2017, 3, Article number 1331892.

11. Tavan, Z. et al. (2017). Effect of sesame meal and soluble soybean polysaccharide on properties of Barbary bread. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 2017, 48, pp. 333–342

12. Mau, J. L. et al. (2020). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of bread partially substituted with aerial parts of sweet potato. *LWT*, 2020, pp. 117.

13. Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G. (2011). Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44, pp. 700–705.

14. Das, L., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R. (2013). Herbal fortification of bread with fennel seeds. *Food Technology and Biotechnology*, 2013, 51, pp. 434.

15. Sara, M. S., Amira, M. (2018). Evaluation of Physical and Sensory Characteristics of Jam and Cake Processed Using Pumpkin (*Cucurbita moschata*) Middle East. *Journal of Applied Sciences*, 2018, 8, pp. 295–306.

16. Ryo, R. et. al. (2014). Wheat Bread with Pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) Pulp as a Functional Food Product. *Food Technol. Biotechnol*, 2014, 52 (4), pp. 430–438.

17. Lyubich, V. V. (2022). Znachennia vydu zhyrozaminnyka v tekhnolohii keksiv [The importance of the type of fat substitute in the technology of cupcakes]. *Visnyk Umanskoho NUS* [Bulletin of the Uman State University], 2022, 1, pp. 88–94. [in Ukrainian].

18. Dubovoi, V. M. et al. (2017). Modeliuvannia ta optymizatsiia system [Modeling and optimization of systems: a textbook]. Vinnytsia: PE "Ednlweiss", 804 p. [in Ukrainian].

19. Poperechny, A. M., Potapov, V. O., Korniychuk, V. G. (2012). Modeliuvannia protsesiv ta obladnannia kharchovykh vyrobnytstv [Modeling of processes and equipment of food production: a textbook]. Kyiv: Center for Educational Literature, 312 p. [in Ukrainian].

20. Ostapchuk, M. V., Stankevich, G. M. (2010). Matematychni modeliuvannia na EOM [Mathematical modeling on a computer: a textbook]. Odesa: Druk, 313 p. [in Ukrainian].

21. Lyubich, V. V., Zhelezna, V. V., Karpenko, V. P., Novikov, V. V. (2022). Tekhnolohichni parametry yakosti pechyva pisochnoho z dobavlianniam boroshna harbuzovoho riznykh sortiv [Technological parameters

of the quality of shortbread cookies with the addition of pumpkin flour of different varieties]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho* [Academic notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi], 2022, 33(72), 5, pp. 275–279. [in Ukrainian].

22. Lyubich, V. V., Zhelezna, V. V., Grabova, D. M. (2021). Yakist keksiv z trytykale, zbahachenoho pastoiu harbuzovoiu [Quality of triticale cakes enriched with pumpkin paste]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* [Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture], 2021, 2, pp. 17–28. [in Ukrainian].



В. В. Любич,
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри харчових технологій
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: LyubichV@gmail.com



П. І. Пясецький,
директор
Дослідна станція тютюництва
Національного наукового центру
«Інститут землеробства Національної академії
аграрних наук України»
(м. Умань, Україна)
E-mail: udst@ukr.net



А. В. Моргун,
кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач відділом селекції
Дослідна станція тютюництва Національного наукового центру
«Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»
(м. Умань, Україна)
E-mail: avm-1955@ukr.net

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БІОЕНЕРГЕТИКИ СОРТІВ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ І ЗБИРАННЯ

У статті представлено результати дослідження формування параметрів біоенергетики (урожайність вегетативної маси, вихід біогазу, твердого палива, енергетична оцінка палива) сортів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання. За збирання сорго цукрового в третій декаді серпня, в середньому за два роки досліджень, найвища загальна врожайність спостерігалась у сорту Довіста за другого строку сівби і склала 65,9 т/га, 56,2 т з якої урожайність стебел і 2,2 т – урожайність волоті. Дещо нижча врожайність відмічена в цього ж сорту за першого строку сівби – 63,7 т/га, де маса стебел була 54,0 т і 2,9 т – маса волоті. У сорту Присивашський 85 за цього ж строку збирання та за сівби у третій декаді квітня загальна врожайність становила 53,3 т/га, що на 2,2 т більше за врожайність порівняно з строком сівби у першій декаді травня. За другого строку збирання загальна врожайність у сорту Довіста за сівби у першій декаді травня становила 69,6 т/га (що є найвищим показником за всіма строками сівби та збирання), з яких 53,3 т – урожайність стебел і 4,4 т – урожайність волоті. На 1,5 т менше зафіксована врожайність цього ж сорту за сівби у третій декаді квітня – 68,1 т/га. Маса стебел та волоті склала відповідно 55,5 т та 3,7 т. У сорту Присивашський 85 загальна врожайність за сівби у третій декаді квітня була на 2,2 т вища порівняно з варіантом сівби у травні і склала 59,2 т/га. При цьому маса стебел становила 48,1 т, а маса волоті – 7,4 т. З отриманої зеленої маси сорту Довіста за сівби у третій декаді квітня можна отримати 5,4 тис. м³/га біогазу та 8,5 т/га твердого біопалива. Вихід енергії з одиниці площі при цьому складатиме відповідно 118,3 і 136,5 ГДж/га. Із зеленої маси, що зібрана у другій декаді вересня в сорту Довіста за сівби у третій декаді квітня буде отримано 6,1 тис. м³/га біогазу з виходом енергії 132,9 ГДж/га та 9,5 т/га твердого біопалива з виходом енергії 153,3 ГДж/га. Переробка зеленої маси цього ж сорту, що отримана за сівби у першій декаді травня дасть змогу отримати 5,8 тис. м³/га біогазу та 8,3 т/га твердого біопалива. Для формування найвищих показників біоенергетики необхідно вирощувати сорт сорго цукрового Довіста. Вегетивну масу рослин можна збирати упродовж III декади серпня – II декади вересня. Оптимально сівбу сорго цукрового проводити у I декаді травня. За такого сценарію агротехнології вихід біогазу може становити 6,1 тис. м³/га, твердого палива – 9,5–9,6 т/га.

Ключові слова: сорго цукрове, сорт, біогаз, тверде паливо, вихід енергії.

V. V. Liubych,

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Food Technologies
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

P. I. Piassetzkyi,

Director
Tobacco Research Station of the National Scientific Centre
"Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine" (Uman, Ukraine)

A. V. Morhun,

PhD,
Head of the Laboratory of Selection
Tobacco Research Station of the National Scientific Centre
"Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine" (Uman, Ukraine)

BIOENERGETICS FORMATION OF SUGAR SORGHUM VARIETIES DURING DIFFERENT SOWING AND HARVESTING PERIODS

The article presents the research results on bioenergy parameters formation (green mass yield, biogas output, solid fuel, energy evaluation of fuel) of sugar sorghum varieties at different sowing and harvesting times.

When harvesting sugar sorghum in the third decade of August, on average over two years of research, the highest total yield was observed in Dovista variety during the second sowing period and amounted to 65.9 t/ha, 56.2 t of which is stem yield and 2.2 t – panicle yield. A slightly lower yield was noted in the same variety during the first sowing period – 63.7 t/ha, where stem weight was 54.0 t and 2.9 t – panicle weight. In Prysivashskiyi 85 variety, for the same harvesting period and for sowing in the third decade of April, the total yield was 53.3 t/ha, which is 2.2 t more compared to the sowing period in the first decade of May.

During the second harvesting period, the total yield of Dovista variety when sown in the first decade of May was 69.6 t/ha (which is the highest indicator for all sowing and harvesting periods), of which 53.3 t was stem yield and 4.4 t – panicle yield. The recorded yield of the same variety for sowing in the third decade of April is 1.5 t less – 68.1 t/ha. Stem and panicle weight was 55.5 t and 3.7 t, respectively. In Prysivashskiyi 85 variety, the total yield for sowing in the third decade of April was 2.2 t higher compared to the sowing option in May and amounted to 59.2 t/ha. In addition to the above, stem weight was 48.1 tons, and the panicle one – 7.4 tons.

5.4 thousand m³/ha of biogas and 8.5 t/ha of solid biofuel can be obtained from Dovista variety green mass for sowing in the third decade of April. Meanwhile, the energy output per area unit will be 118.3 and 136.5 GJ/ha, respectively. From the green mass collected in the second decade of September from Dovista variety for sowing in the third decade of April, 6.1 thousand m³/ha of biogas with an energy output of 132.9 GJ/ha and 9.5 t/ha of solid biofuel with an energy output of 153.3 GJ/ha. Green mass processing of the same variety obtained during sowing in the first decade of May will make it possible to obtain 5.8 thousand m³/ha of biogas and 8.3 t/ha of solid biofuel.

To form the highest indicators of bioenergy, it is necessary to grow Dovista sugar sorghum variety. The green mass of plants can be collected during the third decade of August – the second decade of September. It is optimal to sow sugar sorghum in the first decade of May. Under such an agricultural technology scenario, biogas output can be 6.1 thousand m³/ha, solid fuel – 9.5–9.6 t/ha.

Key words: sugar sorghum, variety, biogas, solid fuel, energy output.

Постановка проблеми. Фітоенергетика є перспективним способом вирішення проблем, що пов'язані з енергетичною кризою. Все більше розвинених країн розглядають біопаливо як альтернативне джерело енергії. Тому пошук та виявлення високопродуктивних культур для забезпечення альтернативної відновлюваної енергетики є досить актуальним [1].

Сучасна біоенергетика заснована на використанні енергії біомаси, що отримують з різних сільськогосподарських культур, для виробництва біогазу, біодизелю, біоетанолу та брикетів [2].

Серед широкого спектру біоенергетичних рослин для виробництва альтернативних видів палива одним з найбільш перспективним є сорго цукрове [3]. До недавнього часу основне призначення цукрового сорго було кормове [4]. Проте багатьма дослідженнями встановлено, що досить перспективним є використання соку цієї культури як вихідної сировини для цукрової і біоенергетичної галузей [5]. Висока біологічна продуктивність і акумуляція цукрів у сорго пов'язана з C₄ типом фотосинтезу, що дозволяє ефективно асимілювати вуглекислий газ атмосфери [6]. Це культура багатоцільового використання, що відрізняється високими і стабільними урожаями в умовах кліматичних змін [7, 8].

Аналіз останніх досліджень. З однорічних культур сорго цукрове – найбільш високо-

енергетична та економічно ефективна культура з урахуванням таких показників як високий фотосинтетичний потенціал, низька потреба у водоспоживанні, стійкість до посухи, висока врожайність зеленої маси і низька норма висіву насіння [9]. Невибгливість сорго цукрового до родючості ґрунту та умов зволоження дає можливість задіювати низькопродуктивні та непродуктивні землі під вирощування цієї культури [10].

Дані наукової літератури щодо оптимальних умов збирання сорго цукрового на енергетичні цілі значно відрізняються. Так, найбільший вихід біопалива та енергії (до 791,8 ГДж/га) сорго цукрового отримано за умови збирання біомаси у фазу повної стиглості зерна (початок жовтня). При цьому збирання біомаси на біогаз доцільно розпочинати не раніше викидання волоті в рослин. Для забезпечення максимального виходу твердого біопалива рослини необхідно збирати не раніше фази воскової стиглості зерна. У дослідженнях на формування врожаю зеленої біомаси сорго цукрового найбільше впливали погодні умови (48 %). При цьому меншим був вплив чинників «сорт» (18 %) і «строк збирання» (13 %). На вихід енергії найбільший вплив мав строк збирання біомаси (37 %) [11].

Результати досліджень [12] підтверджують незначний вплив погодних умов на вихід біогазу з урожаю сорго цукрового. При цьому врожайність

біомаси змінювалась від 70,5 до 79,8 т/га залежно від сорту.

Дослідження інших вчених [13, 14] свідчать, що збирати вегетативну масу сорго цукрового на біоенергетичні цілі можна вже на 104 добу після сходів. У дослідженнях найвищі параметри біоенергетики забезпечувало збирання сорго у фазу молочно-воскової стиглості зерна. Так, вихід біогазу змінювався від 9,90 до 14,46 тис. м³/га залежно від сорту. Крім цього, на формування врожайності сорго цукрового значно впливають строки сівби, що змінює параметри біоенергетики [16].

Отже, з урахуванням вище названих характеристик, сорго цукрове – перспективна культура для наукових досліджень і впровадження в агропромисловість Правобережного Лісостепу України як сировини для біоенергетики. Необхідно зазначити, що оптимальний строк збирання сорго цукрового значно змінюється, що потребує уточнення цієї складової агротехнології для конкретного сорту.

Мета статті – визначення формування параметрів біоенергетики сортів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання.

Методика досліджень. Дослідження проводили на полях Дослідної станції тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» (м. Умань, Черкаська обл.) у 2017–2018 рр.

Схема досліду включала вирощування сортів сорго цукрового Довіста та Присивашський 85 (рис. 1). Сівбу проводили у третій декаді квітня та першій декаді травня на глибину 4–6 см з міжряддям 45 см. Густота стояння рослин 222 тис. шт/га. Кількість повторень чотириразова. Площа посівної ділянки – 21,6 м², площа облікової ділянки – 10,8 м². Збирання врожаю проводили у третій декаді серпня та другій декаді вересня поділяючи. Вихід біопалива та енергії розраховували відповідно до методики [17], біогазу – в перерахунку на 60%-й вміст біометану.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерного програмного забезпечення Excel.



Рис. 1 Загальний вигляд дослідів з сорго цукровим за різних строків сівби і збирання

Основні результати досліджень. Встановлено, що показник урожайності сорго цукрового за збирання у третій декаді серпня, в середньому за два роки досліджень, був найвищим у сорту Довіста за другого строку сівби і складав 65,9 т/га, з якої врожайність стебел – 56,2 і 2,2 т/га – урожайність волоті (табл. 1). Деяко нижча урожайність була відмічена в цього ж сорту за першого строку сівби – 63,7 т/га, де маса стебел була 54,0 т і 2,9 т/га – маса волоті. У сорту Присивашський 85 за цього ж строку збирання та сівби у третій декаді квітня загальна врожайність становила 53,3 т/га, що на 2,2 т більше за урожайність порівняно зі строком сівби у першій декаді травня. Маса стебел і волоті складала відповідно 40,0 і 8,8 т/га. За сівби у першій декаді травня загальна врожайність цього сорту складала 51,1 т/га, з якої 38,5 т – маса стебел і 7,4 т – маса волоті.

Необхідно зазначити, що в сорту Присивашський 85 показник урожайності волоті за обома строками сівби вищі (відповідно на 5,9 т і 4,5 т) за показники сорту Довіста. Це можна пояснити тим, що сорт Присивашський 85 є ранньостиглим

Таблиця 1

Урожайність вегетативної маси гібридів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання (2017–2018 рр.), т/га

Сорт	Строк сівби	Урожайність			
		загальна	стебел	листіків	волоті
Строк збирання – III декада серпня					
Довіста	III декада квітня	63,7	54,0	6,8	2,9
	I декада травня	65,9	56,2	7,5	2,2
Присивашський 85	III декада квітня	53,3	40,0	4,5	8,8
	I декада травня	51,1	38,5	5,2	7,4
Строк збирання – II декада вересня					
Довіста	III декада квітня	68,1	55,5	8,9	3,7
	I декада травня	69,6	53,3	11,9	4,4
Присивашський 85	III декада квітня	59,2	48,1	3,7	7,4
	I декада травня	57,0	45,9	3,0	8,1
НІР ₀₅	2017	2,7	2,2	0,4	0,5
	2018	2,6	2,1	0,2	0,3

і тому зерно у волоті досягає повністю, а Довіста є середньопізним сортом, тому на період збирання зеленої маси переважна більшість зерна не досягає. Проте сорт Довіста домінує за біометричними показниками порівняно з сортом Присивашський 85 і тому його загальна врожайність вища.

За другого строку збирання загальна врожайність у сорту Довіста за сівби у першій декаді травня становила 69,6 т/га, що є найвищим показником за всіма строками сівби і збирання, з яких 53,3 т – врожайність стебел і 4,4 т – врожайність волоті. На 1,5 т менше зафіксована врожайність цього ж сорту за сівби у третій декаді квітня – 68,1 т/га. Маса стебел та волоті склала відповідно 55,5 т та 3,7 т. У сорту Присивашський 85 загальна врожайність за сівби у третій декаді квітня була на 2,2 т вища порівняно з варіантом сівби у травні і склала 59,2 т/га. При цьому маса стебел становила 48,1 т, а маса волоті – 7,4 т. За сівби у першій декаді травня загальна врожайність зеленої маси становила 57,0 т/га, з яких 45,9 т – маса стебел та 8,1 т – маса волоті.

Необхідно зазначити, що за сівби у III декаді квітня обох сортів врожайність листків була найбільшою. При цьому в сорту Довіста цей показник за збирання у II декаді вересня збільшувався, а в сорту Присивашський 85 зменшувався.

У структурі біомаси сорго цукрового частка стебел була найвищою – 85 % у сорту Довіста та 75 % – у сорту Присивашський 85 за збирання у III декаді серпня. При цьому частка листків становила 11 % у сорту Довіста, а в сорту Присивашський 85 – 8 % за першого строку сівби і 10 % – за другого. Частка волоті в біомасі сорту Довіста була на рівні 3–5 %, а в сорту Присивашський 85 – 15–17 % залежно від строку сівби.

За збирання сорго цукрового в II декаді вересня частка стебел знижувалась до 77–82 %, а частка листків і волоті зростала відповідно до 13–17 і 5–6 % у сорту Довіста. Встановлено, що в сорту Присивашський 85 частка стебел при цьому зростала, листків – знижувалась, а частка

волоті залишалась без змін. Очевидно, що різні тенденції формування вегетативної маси рослин сорго цукрового визначались селекційно-генетичними особливостями сорту.

Переробка отриманої біомаси сорго цукрового різними способами дає можливість отримати такі цінні види палива як біогаз і тверде біопаливо. Так, з отриманої зеленої маси сорту Довіста за сівби у третій декаді квітня можна отримати 5,4 тис. м³/га біогазу та 8,5 т/га твердого біопалива (табл. 2). Вихід енергії з одиниці площі при цьому складатиме відповідно 118,3 і 136,5 ГДж/га. Урожайність зеленої маси цього ж сорту за сівби у першій декаді квітня і наступній переробці дає можливість отримати 6,1 тис. м³/га біогазу та 9,6 т/га твердого біопалива. При цьому вихід енергії при використанні біогазу становить 133,7 ГДж/га, а твердого біопалива – 154,2 ГДж/га. Деякі нижчі показники виходу біопалива зафіксовано у сорту Присивашський 85. За подальшої переробки зеленої маси даного сорту можна отримати 4,9 тис. м³/га біогазу та 8,4 т/га твердого біопалива, при цьому вихід енергії складатиме відповідно 117,5 і 135,5 ГДж/га. Із зеленої маси, що отримана за сівби у першій декаді квітня буде отримано 4,5 тис. м³/га біогазу, вихід енергії за його використання складатиме 100,1 ГДж/га. Також подальша переробка біомаси дасть змогу отримати 7,2 т/га твердого біопалива з виходом енергії 115,5 ГДж/га.

Із зеленої маси, що була зібрана у другій декаді вересня в сорту Довіста за сівби у третій декаді квітня буде отримано 6,1 тис. м³/га біогазу з виходом енергії 132,9 ГДж/га та 9,5 т/га твердого біопалива з виходом енергії 153,3 ГДж/га. Переробка зеленої маси цього ж сорту, що отримана за сівби у першій декаді травня дасть змогу отримати 5,8 тис. м³/га біогазу та 8,3 т/га твердого біопалива. Вихід енергії при цьому складатиме відповідно 115,9 ГДж/га та 133,7 ГДж/га. Зелена маса сорту Присивашський 85 за сівби у третій декаді квітня дає вихід біогазу 5,3 ГДж/га

Таблиця 2

Формування біоенергетики гібридів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання, 2017–2018 рр.

Сорт	Строк сівби	Вихід		Вихід енергії (ГДж/га) з	
		біогазу, тис. м ³ /га	твердого біопалива, т/га	біогазу	твердого біопалива
Строк збирання – III декада серпня					
Довіста	III декада квітня	5,4	8,5	118,3	136,5
	I декада травня	6,1	9,6	133,7	154,2
Присивашський 85	III декада квітня	4,9	8,4	117,5	135,5
	I декада травня	4,5	7,2	100,1	115,5
Строк збирання – II декада вересня					
Довіста	III декада квітня	5,8	9,1	127,3	146,8
	I декада травня	6,1	9,5	132,9	153,3
Присивашський 85	III декада квітня	5,3	8,3	115,9	133,7
	I декада травня	4,7	7,4	103,7	119,6

і твердого біопалива 8,3 т/га. Вихід енергії при цьому складає 115,9 і 133,7 ГДж/га. За сівби цього ж сорту в першій декаді травня подальша переробка зеленої маси дає 4,7 тис. м³/га біогазу з виходом енергії 103,7 ГДж/га та 7,4 т/га твердого біопалива з виходом енергії 119,6 ГДж/га.

Висновки. Для формування найвищих показників біоенергетики у Правобережному Лісостепу необхідно вирощувати сорт сорго цукрового Довіста з сівбою у I декаді травня. Вегетативну масу рослин можна збирати упродовж III декади серпня – II декади вересня. За такої агротехнології вихід біогазу може становити 6,1 тис. м³/га, твердого палива – 9,5–9,6 т/га.

Література

1. Almodares A., Hadi M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*. 2009. Vol. 4, Issue 9. P. 772–780.

2. Byrt C.S., Grof C.P.L., Furbank R.T. C-4 Plants as Biofuel Feedstocks: Optimising Biomass Production and Feedstock Quality from a Lignocellulosic Perspective. *Journal of integrative plant biology*. 2011. Vol. 53, Issue 2, P. 120–135.

3. Любич В. В., Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Терещенко І. С., Лосєва А. І. Агробіологічні параметри різних сортів і гібридів сорго цукрового. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. T. 17, № 3. С. 193–198.

4. Cai H. et al. Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions of production of bioethanol from sorghum in the United States. *Biotechnology for biofuels*. 2013, Vol. 6, Article number: 141.

5. Леонова К. П., Моргун А. В., Коваленко А. М., Любич В. В. Технологічні параметри біоенергетики гібридів сорго цукрового за різної густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 72–77.

6. Олекшій Л. М., Буряк І. М. Елементи технології вирощування сорго цукрового для виробництва біоетанолу в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (I). С. 146–161.

7. Любич В. В., Войтовська В. І., Крижанівський В. Г., Третьякова С. О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризи. *Вісник Уманського НУС*. 2021. №1. С. 66–70.

8. Войтовська В. І., Любич В. В., Третьякова С. О., Приходько В. О. Технологічна якість крохмалю різних гібридів кукурудзи і сортів сорго зернового за його біохімічною складовою. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 76–80.

9. Gisse C., Prade T., Kreuger E. et al. Comparing energy crops for biogas production – Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation. *Biomass and bioenergy*. 2014. No. 64. P. 199–210.

10. Voitovska V. I., Storozhyk L. I., Liubych V. V., Yalanskyi O. V. Evaluation of productivity of different varieties of sorghum (*Sorghum oryzoidum*). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Vol. 18(1). P. 50–56.

11. Ганженко О.М. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність та вихід біоетанолу з сорго цукрового у Центральному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7.

12. Грабовський М. Б. Формування продуктивності сорго цукрового як біоенергетичної культури залежно від рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 99. С. 30–39.

13. Hassan M.U. et al. Combined cultivar and harvest time to enhance biomass and methane yield in sorghum under warm dry conditions in Pakistan. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 132. P. 84–91.

14. Oyier M.O. et al. Effect of harvesting stage on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes in Western Kenya. *The Scientific World Journal*. 2017. Article ID: 8249532.

15. Чернелівська О.О., Дзюбенко І.М., Кормові культури як сировина для виробництва біопалива. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 172–180.

16. Ratnavathi C. et al. Effect of Time of Planting on Cane Yield and Quality Characters in Sweet Sorghum. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 2012. Vol. 2, Issue 1. P. 1–9.

17. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Вінниця : Нітлан-ЛТД, 2021. 300 с.

References

1. Almodares, A., Hadi, M.R. (2009). Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 2009, no. 4(9), pp. 772–780.

2. Byrt, C.S., Grof, C.P.L., Furbank, R.T. (2011). C-4 Plants as Biofuel Feedstocks: Optimising Biomass Production and Feedstock Quality from a Lignocellulosic Perspective. *Journal of integrative plant biology*, 2011, no. 53(2), pp. 120–135.

3. Lyubich, V.V., Storozhyk, L.I., Voitovska, V.I., Tereshchenko, I.S., Loseva, A.I. (2021). *Ahrobiologichni parametry riznykh sortiv i hibrydiv sorho tsukrovoho* [Agrobiological parameters of different varieties and hybrids of sugar sorghum]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2021, no. 17(3), pp. 193–198. [in Ukrainian].

4. Cai, H. et al. (2013). Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions of production of bioethanol from sorghum in the United States. *Biotechnology for biofuels*, 2013, no. 6, Article number: 141.

5. Leonova, K.P., Morgun, A.V., Kovalenko, A.M., Lyubich, V. V. (2022). *Tekhnologichni parametry bioenerhetyky hibrydiv sorho tsukrovoho za riznoi hustoty stoyannia roslyn u Pravoberezhnomu Lisostepu* [Technological parameters of bioenergetics of sugar sorghum hybrids at different plant densities in the Right Bank Forest Steppe]. *Agrarian innovations*, 2022, no. 14, pp. 72–77. [in Ukrainian].

6. Olekshiy, L.M., Buryak, I.M. (2020). *Elementy tekhnologii vyroshchuvannia sorho tsukrovoho dlia vyrobnytstva bioetanolu v umovakh*

Zakhidnoho Lisostepu [Elements of the technology of growing sugar sorghum for the production of bioethanol in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 2020, no. 68 (I), pp. 146–161. [in Ukrainian].

7. Lyubich, V. V., Voitovska, V. I., Kryzhanivskiy, V. G., Tretyakova, S. O. (2021). *Formuvannia biokhimichnoi skladovoi boroshna iz zerna riznykh hibrydiv soryzu* [Formation of the biochemical component of flour from the grain of different hybrids of sorghum]. *Bulletin of the Uman State University*, 2021, no. 1, pp. 66–70. [in Ukrainian].

8. Voitovska, V. I., Lyubich, V. V., Tretyakova, S. O., Prykhodko, V. O. (2022). *Tekhnolohichna yakist krokhmalu riznykh hibrydiv kukurudzy i sortiv sorho zernovoho za yoho biokhimichnoiu skladovoiu* [Technological quality of starch of different corn hybrids and grain sorghum varieties according to its biochemical composition]. *Bulletin of the Uman State University*, 2022, no. 1, pp. 76–80. [in Ukrainian].

9. Gisse, C., Prade, T., Kreuger, E. et al. (2014). Comparing energy crops for biogas production – Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation. *Biomass and bioenergy*, 2014, no. 64, pp. 199–210.

10. Voitovska, V. I., Storozhyk, L. I., Liubych, V. V., Yalanskyi, O. V. (2022). Evaluation of productivity of different varieties of sorghum (*Sorghum oryoidum*). *Plant Varieties Studying and Protection*, 2022, no. 18(1), pp. 50–56.

11. Ganzhenko, O. M. (2019). *Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist ta vykhid bioetanolu z sorho tsukrovoho u Tsentralnomu*

Lisostepu Ukrainy [The influence of elements of cultivation technology on the productivity and yield of bioethanol from sugar sorghum in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *The Latest Agricultural Technologies*, 2019, no. 7. [in Ukrainian].

12. Grabovsky, M. V. (2018). *Formuvannia produktyvnosti sorho tsukrovoho yak bioenerhetychnoi kultury zalezno vid rivnia mineralnogo zhyvlennia* [Formation of the productivity of sugar sorghum as a bioenergy crop depending on the level of mineral nutrition]. *Taurian Scientific Bulletin*, 2018, no. 99, pp. 30–39. [in Ukrainian].

13. Hassan, M. U. et al. (2019). Combined cultivar and harvest time to enhance biomass and methane yield in sorghum under warm dry conditions in Pakistan. *Industrial Crops and Products*, 2019, no. 132, pp. 84–91.

14. Oyier, M. O. et al. (2017). Effect of harvesting stage on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes in Western Kenya. *The Scientific World Journal*, 2017, Article ID: 8249532.

15. Chernelivska, O. O., Dzyubenko, I. M. (2020). *Kormovi kultury yak syrovyna dlia vyrobnytstva biopalyva* [Forage crops as raw materials for biofuel production]. *Fodder and fodder production*, 2020, no. 89, pp. 172–180. [in Ukrainian].

16. Ratnavathi, C. et al. (2012). Effect of Time of Planting on Cane Yield and Quality Characters in Sweet Sorghum. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 2012, no. 2(1), pp. 1–9.

17. Prysiashniuk, O. I., Klymovych, N. M., & Polunina, O. V. (2021). *Methodology and organization of research in agriculture and food technology*. Vinnytsia: Nitlan-LTD. [in Ukrainian].

НОТАТКИ

ВІСНИК

Уманського національного університету садівництва

Випуск 2

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Наталія Сергіївна Кузнєцова

Формат 60×84/8. Гарнітура Verdana.

Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 10,70. Замов. № 0323/195. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

вул. Інглєзі, 6/1, м. Одєса, 65101

Тел. +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.